الميكروبات في خدمة الإنسان

تأليف

محمد أبو الفضل

الكتاب: الميكروبات في خدمة الإنسان

الكاتب: مُحَمَّد أبو الفضل

الطبعة: ٢٠٢٢

الناشر: وكالة الصحافة العربية (ناشرون)

٥ ش عبد المنعم سالم – الوحدة العربية – مدكور- الهرم –
الجيزة - جمهورية مصر العربية
هاتف : ٣٥٨٢٥٢٩٣ _ ٣٥٨٦٧٥٧٦ _ ٣٥٨٦٧٥٧٥
فاكس : ٣٥٨٧٨٣٧٣

http://www. bookapa.com **E-mail: info@bookapa.com**

دار الكتب المصرية
فهرسة أثناء النشر

أبو الفضل ، مُحَمَّد
الميكروبات في خدمة الإنسان/ مُحَمَّد أبو الفضل
– الجيزة – وكالة الصحافة العربية.
٢١١ ص، ١٨*٢١ سم.
الترقيم الدولى: ٦ – ٥١٦ – ٩٩١ – ٩٧٧- ٩٧٨
أ – العنوان رقم الإيداع : ١٠٣٩١ / ٢٠٢٢

الميكروبات في خدمة الإنسان

وكالة الصحافة العربية
«ناشرون»

مقدمة

"الطاقة الذرية" موضوع ارتبط في أذهان عامة الناس بتلك الوسائل الآثمة المدمرة للبشرية، وذلك منذ أن جاءهم نبأ القنبلة الذرية الأولى التي أُلقيت على قاعدة الجيش الياباني بمدينة هيروشيما في الحرب العالمية الأخيرة، ولهم عذرهم، فقد أصبحت هذه الطاقة علمًا من أعلام السياسة الدولية، تتفاوض فيها الحكومات، وينتقل لها مندوبوها عبر المحيطات، ليتحدثوا عنها ولينظموا شئونها، إذا ما فشلوا اكفهر الجو، وسرى حديث الحرب الذرية مسير البرق الذي يؤذن بالرعد والمطر الغزير من بعده، وهكذا غاب عنهم أن إطلاق هذه الطاقة من عقالها قد آذن بعصر جديد من عصور المدنية في كل المجالات الزراعية والصناعية والعمرانية والصحية، بل وفي مجالات غزو الفضاء.

وكذلك الميكروبات، موضوع ارتبط في أذهان عامة الناس بتلك الأمراض الوبائية الفتاكة، وذلك منذ أن نفضوا عن أنفسهم شتى المعتقدات والخرافات عنها، وإلى أن عرفوا حقيقتها وأسبابها ووسائل انتشارها، بل وإلى أن مارسوا طرقة الوقاية والعلاج منها، ولهم عذرهم، فليس هناك أقسى على النفس البشرية من أمراض تسلب القريب أو الصديق نعمة الصحة أو تطويه الثرى، وهكذا غاب عنهم أن هناك طوائف كثيرة من الميكروبات تعمل الخير في هدوء، سواء تُركت على سجيتها وهي قابعة في كل مكان على سطح الأرض، أو استؤنست ثم سُخرت لسعادة الإنسان ورفاهيته.

وهذا الكتاب يدور حول الميكروبات النافعة، وهو يحوي –بين دفتي بابه الأول– من الموضوعات ما ينطوي تحت ما يعرف باسم "علم الحياة" أو "البيولوجي"، والذي يشمل "علم الشكل الخارجي" أو "المورفولوجي" و "علم

وظائف الأعضاء" أو "الفسيولوجي" و "علم البيئة" أو "الإيكولوجي"، وذلك كي تتضح أهمية الدور الذي تلعبه الميكروبات في الطبيعة، فضلًا عن أهمية ما تؤديه من خدمات للإنسان، سواء في الميدان الزراعي أو الصناعي، أو الطب الوقائي والعلاجي، أو غيره مما جاء في الباب الثاني والثالث والرابع والخامس.

وليس لمثل هذا الكتاب –بداهة– أن يتدخل في التفاصيل العلمية أو الصناعية الدقيقة، فقد وُضع في مقال غير مثقل بالنظريات والأساليب، وذلك ليكون مناسباً كأداة تثقيف لعامة الناس، ثم لخاصتهم من الذين يحتاجون إلى ثقافة عامة بجانب ثقافتهم الخاصة، وإن المؤلف ليجرؤ أن يجد في قراء العربية ما يحفزهم على الاهتمام بأمر العلم في بلادنا، وهي تنادي الآن بأنها أصبحت في مجال العلم تجاري–غير وانية أو متخلفة– الخطوات السريعة التي خطتها حضارة القرن العشرين، وهي حضارة قامت على العلوم الطبيعية والحيوية في تطبيقاتها العملية المختلفة.

وإذا كان للمؤلف كلمة أخيرة، فإنه يزجيها إلى الجيل الصاعد من الزراعيين، في المدارس الإعدادية والثانوية والمعاهد والكليات، وهي أن منهم رجالًا يخدمون الصناعة، ورجالًا يخدمون الصحة، ورجالًا يخدمون العدل، ورجالًا يخدمون الاقتصاد في طول البلاد وعرضها، فضلًا عن أن منهم مربي النبات والحيوان، والكيميائي، والميكروبيولوجي، والفسيولوجي،والحشري، والباثولوجي، وأخصائي المبيدات.. إلخ، وأن بلادهم تنتظر منهم –في ثورتها الخلاقة– الكثير، والكثير جداً الذي اتفق مع دراساتهم التي أخذت منذ وقت غير قصير في النماء والكمال، فإلى المعرفة، وإلى التقدم العلمي في مختلف فروعه، والله ولي التوفيق.

المؤلف

الميكروبات.. ما هي؟ وأين توجد؟ وكيف تعيش؟

"الميكروبات في خدمة الإنسان" عنوان يثير أكثر من تساؤل، وأول ما يثير هو: ما هي الميكروبات؟ وأين توجد؟ وكيف تعيش؟ فإن أحداً لا يستطيع أن يفهم حقيقة الميكروبات أو مدى أثرها في حياة الإنسان إلا إذا عرف كل شيء عنها، بل وكل شيء عن خلق الله من الكائنات الحية الأخرى التي ترتبط بغذائه وكسائه ورفاهيته وصحته، وهذا الباب ما هو إلا محاولة لتقديم المعرفة، وذلك في صورة مبسطة تمهد الطريق إلى الإلمام السهل بأطراف ونواحي الأبواب المقبلة.

عالم الجماد وعالم الأحياء

كل ما نراه في الكون من أشياء لا بد وأن ينتسب إلى أحد عالمين: أولهما هو عالم الجماد، كالماء والتراب والرمل والزجاج والحديد، وثانيهما هو عالم الأحياء، كالإنسان والماشية والطيور والأسماك والحشرات والأشجار والنباتات والأزهار، وتتصف الكائنات الحية بصفات عامة تميزها عن الجماد، فهي تتغذى وتتنفس وتنمو وتتكاثر وفي النهاية تموت، ولا ينفرد بهذه الصفات كائن حي دون آخر، بل هي سنتها جميعًا، صغرت أم كبرت، حيوانية كانت أم نباتية.

الكائنات الحية الدقيقة:

لا يقتصر ما يوجد في الكون من أحياء على ما نراه بالعين المجردة، بل

توجد أحياء أخرى عديدة تخفى علينا، حيث لا يمكن استكشافها على حقيقتها إلا بوسائل خاصة، ومنها العدسات المكبرة أو ما يعرف بالميكروسكوبات، فأجسامها عبارة عن مجرد خلية واحدة أو عدة خلايا صغيرة الحجم جدًّا، غير أنها تقوم منفردة في الغالب بجميع العمليات الحيوية من تغذية وتنفس ونمو وحركة وما إليها، ولهذا يطلق عليها "الكائنات الحية الدقيقة" أو "الكائنات الحية البسيطة" أو "الكائنات الحية الأولية"، وفي حين أن أجسام جميع الكائنات الحية المرئية التي يطلق عليها "الكائنات الحية المركبة" أو "الكائنات الحية الراقية" تتكون من عدة خلايا، وهذه الخلايا تترتب في مجموعات تسمى أنسجة، ويشكل كل نسيج منها عضوًا معينًا كالقلب والرئة والكبد والكلية والجذور والساق والأوراق والأزهار، وتتماثل خلايا النسيج الواحد تماثلًا تامًّا في التركيب والصفات حيث تتخصص في عملية واحدة من العمليات الحيوية.

الخلية الحية:

الخلية الحية –كما يتبين من تقسيم الكائنات الحية إلى كائنات حية أولية وكائنات حية راقية– هي وحدة كل كائن حي، سواء كان حيوانيًّا أو نباتيًّا، وهي بوجه عام عبارة عن كتلة صافية لزجة تتركب من عدة مواد كيميائية معقدة أهمها المواد البروتينية والدهنية، وتعرف "بالبروتوبلازم". ويحوطها غلاف رقيق يسمى "الجدار الخلوي". ويتكون البروتوبلازم في معظم خلايا الكائنات الحية من جزئين واضحين، وهما المادة الشفافة العديمة اللون التي تُعرف "بالسيتوبلازم"، والأجسام الأكثر كثافة التي من أهمها ما يُسمى "النواة". وتتميز الخلية النباتية عن الحيوانية –كقاعدة عامة– بأن جدارها الخلوي يتركب من مادة كربوهيدراتية تعرف بالسليولوز، وبأن سيتوبلازمها يحتوي على أجسام أخرى غير النواة تُسمى "البلاستيدات" التي تحمل المادة الخضراء المعروفة "بالكلوروفيل" أو التي

تحمل المواد الملونة للأزهار وبعض الثمار وقد تخلو خلايا بعض الحيوانات عليها، غير أن هذا الخروج عن القاعدة العامة ينحصر في الكائنات الحية الأولية، سواء كانت كائنات حيوانية أو نباتية، وذلك لتقارب صفاتها، ولعل هذا كان من أهم أسباب حيرة العلماء طويلًا في وضع بعضها في المكان الذي يجب أن تحتله في "المملكة الحيوانية" أو في "المملكة النباتية".

والبروتوبلازم هو أساس الحياة في كل خلية، حيث تجري بالسيتوبلازم جميع العمليات الكيميائية التي تحدث في المواد الغذائية، وتعرف "بعمليات البناء والهدم" أو "بعمليات التحول الغذائي" ونمو الخلية ثم انقسام كل خلية منها إلى خليتين جديدتين مرة أخرى وهكذا، فنمو الكائن الحي نفسه، ما هو إلا نتيجة أو محصلة العمليات. والنواة تعتبر مركز نشاط الخلية وأساس عملية انقسامها وحفظ صفاتها الوراثية، فهي تحتوي على شبكة تنبسط هذه الشبكة وتتحول إلى خيط متعرج لا يلبث أن يتجزأ إلى أجزاء صغيرة تسمى "الكروموسومات" التي تحمل الصفات الوراثية، وينشق كل كروموسوم طوليًّا إلى نصفين، ثم يمر الانقسام بعدة أطوار تنتهي باحتواء كل خلية من الخليتين الجديدتين على نفس العدد من الكروموسومات الموجود في الخلية الأصلية، وبذلك يكون عدد الكروموسومات ثابتًا في خلايا الكائن الحي الواحد مع التماثل التام في الصفات. وهذا النوع من الانقسام يحدث في خلايا الكائنات الحية الراقية ويعرف "بالانقسام غير المباشر"، أما الانقسام الذي يحدث في خلايا الكائنات الحية الأولية يقتصر على انقباض البروتوبلارم في وسط الخلية، ثم انفصاله إلى قسمين يصبح كل منهما خلية قائمة بذاتها تحتوي على جزء ما من النواة، ويعرف هذا النوع من الانقسام "بالانقسام المباشر".

أقسام المملكة الحيوانية والمملكة النباتية:

تحتوي المملكة الحيوانية أو المملكة النباتية على أفراد عديدة تتباين في الحجم والشكل والتركيب الداخلي والبيئة التي تعيش بها والغذاء الذي تعتمد عليه تباينًا كبيرًا، وقد اصطلح العلماء على تقسيم كل مملكة إلى أقسام تبدأ بتحت للممالك، ثم نأتي بعدها القبائل فالأقسام والفصائل والعائلات والأجناس إلى أن تنتهي بالأنواع، وذلك على أساس صلات التشابه والقرابة بين الأفراد. وسنورد فيما يلي شيئًا عن هذه الأقسام، وذلك مع الإيجاز القليل أحيانا والإيجاز الكثير أحيانا أخرى بما يتفق وموضوعات هذا الكتاب.

أولًا- أقسام المملكة الحيوانية:

تنقسم المملكة الحيوانية إلى ثلاث تحت ممالك وهي:

١- تحت مملكة الحيوانات الأولية أو البروتوزوا

وتشمل قبيلة واحدة هي قبيلة الحيوانات الأولية أو البروتوزوا، وتضم أدنى الحيوانات مرتبة، فالحيوان منها يتركب من خلية واحدة فقط لا ترى بالعين المجردة، وتحتوي هذه القبيلة على أربعة أقسام:

(١) قسم الحيوانات ذات الأقدام الكاذبة، وحيواناته تتحرك بواسطة زوائد تبرز من أجسامها عند الحاجة، وتعرف بالأقدام الكاذبة. ومنها "الأميبا والفورامينفرا".

(٢) قسم الحيوانات الهدبية، وحيواناته تتحرك بواسطة أهداب تنتظم في صفوف على طول أجسامها، ومنها "البراميسيوم والفولاتسلا".

(٣) قسم الحيوانات السوطية، وحيواناته تتحرك بواسطة أسواط تخرج من

أجسامها متجهة إلى الأمام، ومنها "اليوجلينا والتريبنوسوما".

(٤) قسم الحيوانات الجرثومية، وحيواناته ليس لها أعضاء للحركة، ومنها "الملاريا". وتوجد حيوانات الأقسام الثلاثة الأولى في التربة الزراعية وأكوام السماد العضوي، وفي الماء العذب والمالح، وتتغذى أفرادها بالمواد العضوية الميتة والأحياء الدقيقة الأخرى. ومن بين أفراد القسم الأول والثالث ما يعتبر من الطفيليات مثل "الأنتاميبا هستوليتكا" التي تتطفل في الأمعاء الغليظة للإنسان وتسبب ما يعرف بالديسنتاريا الأميبية، ومثل "التريبانوسوما" التي تتطفل في دم الإنسان وتسبب ما يعرف بمرض النوم الذي ينقله نوع من الذباب المصاص للدماء المسمى "تسي تسي". أما أفراد القسم الرابع فتتطفل جميعها في دم الإنسان وتسبب ما يعرف بمرض الملاريا الذي ينقله نوع من البعوض المسمى "أنوفيل".

٢- تحت مملكة البارازورا

وتشمل قبيلة واحدة هي قبيلة الحيوانات الإسفنجية، وتضم أبسط الحيوانات تركيبا بعد الحيوانات الأولية، فالحيوان منها يتركب من عدة خلايا، غير أن كل خلية منها تعتبر مستقلة في عملها عن الأخرى. وهي تعيش عادة في البحار وعلى أعماق مختلفة من سطح الماء مثبتة على الصخور أو القاع أو على الكائنات المائية الأخرى، وتتغذى بالمواد العضوية الميتة والأحياء الدقيقة، ومنها "إسفنج الحمام".

٣- تحت مملكة الميتازوا أو الحيوانات التالية

وتشمل ثماني قبائل تضم باقي حيوانات المملكة الحيوانية التي تلي

الحيوانات الأولية والإسفنجية رقيًّا، فالحيوان منها يتركب من عدة خلايا مترابطة حيث لا يستطيع أية خلية منها أن تعيش، ولو فترة قصيرة، مستقلة عن الأخرى، وتترتب كل مجموعة منها في نسيج خاص يقوم بعملية واحدة من العمليات الحيوية. أما القبائل فهي كما يأتي:-

(أ) قبيلة الحيوانات الجوفمعوية

وتشمل الحيوانات ذات الأشكال الشعاعية العديمة التناظر والتجويف الواحد الهضمي، وتحتوي على أربعة أقسام:

(١) **قسم الهيدرية**، وحيواناته تعيش في الماء العذب، ولا تنتقل انتقالا مطلقا من مكان لآخر، بل تبقى مثبتة الأقدام. بينما تتدلى أجسامها بما تشمل من أذرعٍ تتمايل بحثاً وراء الغذاء، ومنها "الهيدرا".

(٢) **قسم الكأسية**، وحيواناته تعيش في البحار، وهي سريعة الحركة دائبة النشاط هلامية القوام ومنها "قناديل البحر" أو "المديوزا".

(٣) **قسم الشعاعية**، وحيواناته تعيش في البحر مثبتة طيلة حياتها على القاع، وأغلبها يفرز راسبا جيريا قد يكون لينا أو صلبا، ومنها "شقائق البحر والمرجان". وتتغذى جميع الحيوانات السابقة بالمواد العضوية الميتة والأحياء الدقيقة. ولحيوانات المرجان أهمية خاصة حيث تكون مستعمرات هائلة ينشأ عنها ما يعرف بالشعاب الشاطئية أو الحواجز المرجانية أو الشعاب المستديرة (الجزر المرجانية) التي تعتبر مصدر خطر كبير على الملاحة، وكثير من الجزر الموجودة في بعض البحار من أصل مرجاني. وأكثر أنواع المرجان صلابة هو المرجان الأحمر، ويستخدم حتى الآن كأداة من أدوات الزينة.

(ب) قبيلة الديدان المفلطحة

وتشمل الحيوانات ذات الأجسام المنبسطة اللينة، وتحتوي على ثلاث أقسام:

(١) **قسم التريماتودا**، وحيوانات متطفلة، ولها عائل واحد أو أكثر تقضى فيه طورا من أطوار حياتها. وتنقسم أجسامها إلى قطع، ولها قناة هضمية، ومنها "الدودة الكبدية" التي تتطفل على الأغنام والماشية والجمال وأحيانا الإنسان، وتسبب ما يعرف بمرض تفتت الكبد، وعائلها الآخر هو نوع خاص من القواقع التي تعيش في المياه العذبة الراكدة، ومنها "دودة بلهارسيا المجاري البولية أو المستقيم" التي تتطفل على الانسان وتسبب ما يعرف بمرض البول الدموي أو البراز الدموي، وعائلها الآخر هو نوع خاص من القواقع أيضا، ومنها "دودة الهتروفيس" التي تتطفل على الإنسان حيث تعيش في الغشاء المخاطي المبطن للأمعاء الرفيعة، ولهذه الدودة عائلان آخران، أولهما هو نوع خاص من القواقع، وثانيهما هو سمك البوري أو البلطي.

(٢) **قسم السيستودا** وحيواناته متطفلة، ولها عائل آخر تقضي فيه طوراً من أطوار حياتها. وتنقسم أجسامها إلى قطع، وليس لها قناة هضمية حيث تعيش في القناة الهضمية لعائلها وتسلبه بعض طعامه المهضوم الذي تمتصه من جميع سطوح أجسامها، ومنها "الدودة الشريطية" التي تتطفل عادة على الإنسان وبعض الحيوانات الفقرية، وعائلها الآخر هو البقر أو الخنزير.

(٣) **قسم التلابلاريا**، وحيواناته غير متطفلة إذ تعيش طليقة في الماء العذب أو المالح وفي الأراضي الرطبة، ويتفق لونها عادة مع لون الوسط الذي تعيش

فيه، ومنها "دودة البلاناريا".

(جـ) قبيلة الديدان الأسطوانية أو النيما تودا

وتشمل الحيوانات ذات الأجسام الخيطية أو الأسطوانية الشكل غير المقسمة إلى حلقات أو قطع، ومنها "الإسكارس" التي تعيش متجولة في الأمعاء الرفيعة للإنسان وتتغذى على ما بها من غذاء مهضوم، ومنها "الإنكلستوما" التي تعيش في الأمعاء الرفيعة ناهشة الغشاء المخاطي المبطن لجدرانها فتسبب نزيفا دمويا مستمرا، ومنها "الترينجينا" التي تعيش في أمعاء الخنزير، ومن لحم هذا الحيوان تنتقل إلى أمعاء الإنسان عن طريق الديدان المتحوصلة، ومنها "الفلاريا" التي تعيش في الأوعية اللمفاوية للإنسان وتسبب ما يعرف بمرض الفيل، وينقله نوع خاص من البعوض، ومنها "الديدان الثعبانية" التي تصيب حبوب القمح مثلا.

(د) قبيلة الديدان الحلقية

وتشمل الحيوانات ذات الأجسام المقسمة إلى قطع متشابهة تسمى حلقات. وتحتوي هذه القبيلة على قسمين:

(١) **قسم الديدان الحلقية ذات الأشواك**، وحيواناته إما عديدة الأشواك، ومنها دودة "النريس" التي تعيش في البحار، وإما قليلة الأشواك، ومنها "دودة الأرض" التي تعيش في الأراضي الرطبة، وتتغذى هذه الحيوانات على المواد العضوية الميتة.

(٢) **قسم العلق**، وحيواناته خالية من الأشواك، ومعظمها يعيش في المياه العذبة وعلى اليابسة أو في البحار، ومنها "العلق الطبي"، وتتغذى هذه الحيوانات على الدم بامتصاصه من جسم الفريسة عن طريق الفم الملح بثلاثة فكوك

قرنية قوية.

(هـ) قبيلة الحيوانات المفصلية

وتشمل الحيوانات ذات الأجسام المقسمة إلى حلقات تقع في منطقتين وهما الصدر الرأسي والبطن، أو التي تقع في ثلاث مناطق وهي الرأس والصدر والبطن. ولمعظمها هيكل خارجي يتكون من مادة كيتينية (مادة عضوية آزوتية معقدة التركيب)، وتتخلص منه بالانسلاخ بين حين وآخر كلما نمت أجسامها. ولجميع هذه الحيوانات زوائد تتركب من عدة قطع تتصل ببعضها اتصالا مفصليا، وأغلب هذه الزوائد للحركة، غير أن كثيرًا منها متحور إلى أعضاء للحس أو للهجوم والدفاع أو للتلقيح أو للمضغ، وتحتوي هذه القبيلة على أربعة أقسام:

(١) **قسم القشريات**، وحيواناته مائية، ومنها "الجمبري والسرطان أو أبو جلمبو والإستاكوزا وبراغيث الماء"، وتتغذى القشريات على الأحياء المائية الدقيقة وعلى المواد العضوية الميتة، ولها أهمية اقتصادية كبيرة فبعضها ذو فائدة مباشرة حيث تتغذى عليه غالبية الأسماك وبعض الثدييات المائية كالحوت.

(٢) **قسم الحشرات**، وحيواناته منتشرة انتشارا عظيما، ويعيش معظمها على اليابسة، والقليل منها يسكن الماء العذب أو المالح في بعض أطوار حياتها، ومنها النافع كالنحل وفراش دودة القز، ومنها الضار كالجراد وفراش دودة القطن، والكثير منها يتطفل خارجيا على الإنسان أو الحيوانات الأخرى كالقمل والبرغوث، كما أن بعضها ينقل الكثير من الأمراض كالذباب والبعوض.وتختلف الحشرات في غذائها باختلاف بيئاتها فقد تكون قارضة أو ماصة أو ثاقبة ماصة أو لاعقة.

(٣) **قسم الحيوانات العنكبوتية**، وحيوانات أرضية غالبا، وتشمل أنواعا متباينة، ومنها "العقارب والعناكب والقراد والخفاش وأكاروس الجرب"، وتتغذى العقارب والعناكب على امتصاص دم وسوائل الحشرات الأخرى وبعض الزواحف الصغيرة كالسحالي والأبراص، أما حيوانات القراد والفاش وأكاروس الجرب فتتطفل على الإنسان والحيوانات الأخرى وتمتص دماءها، هذا وإن بعض الحيوانات العنكبوتية يصيب النباتات ويسبب لها أوراما.

(٤) **قسم عديدة الأرجل**، وحيواناته أرضية المعيشة، وبعضها يفترس الحشرات والحيوانات الأخرى الصغيرة، وبعضها الآخر يقتات بالنباتات والحشائش، ومنها الحيوان المعروف باسم "أم أربعة وأربعين".

(و) قبيلة الحيوانات الرخوة:

وتشمل الحيوانات ذات الأجسام غير المقسمة إلى حلقات، والتي لها صدفة جيرية تضم الأجزاء الرخوة، وثنية جلدية تسمى "البرنس" محتوية على قدم عضلي للحركة، وهذه الحيوانات متباينة الأحجام والأشكال والعادات، وتعيش في بيئات مختلفة حيث يقطن أغلبها المياه المالحة في البحار أو المحيطات مثل القواقع البحرية والمحارات والأخطبوطات، ويقطن بعضها المياه العذبة مثل القواقع التي تعتبر عائلا متوسطا لديدان البلهارسيا والدودة الكبدية وغيرهما، ويقطن القليل منها اليابسة كالقوقع الصحراوي المصري والقوقع الروماني، وتتغذى الحيوانات الرخوة بالكائنات الحيوانية والنباتية الدقيقة فيما عدا ما يقطن منها اليابسة فتتغذى بالنباتات الصحراوية عن طريق قرضها ثم التهامها، ويستخدم كثير منها في غذاء الإنسان كالجندوفلي وأم الخلول وبلح البحر والاستريديا والسبيط أو الحبارة، إذ تحتوي أنسجتها على كثير من الدهن

والنشاط الحيواني (الجليكوجين)، وكثير من أصداف هذه الحيوانات متألق البريق وله أهمية اقتصادية، فهو يستعمل في صناعة الأزرار وأعمال التطعيم والزخرفة، كما أن اللآلئ الثمينة تتكون داخل كثير في هذه الحيوانات وتحتوي هذه القبيلة على ثلاثة أقسام:

(١) **قسم ذات المصراعين**، وحيواناته كلها مائية وتضم المحارات، والحيوان منها له صدفة مكونة من شقين أو مصراعين وقدم عضلي وثدي الشكل، ومنها "محار الماء العذب والجندوفلي وأم الخلول والاستريديا وبلح البحر".

(٢) **قسم ذات المصراع الواحد**، وحيواناته أغلبها مائي وأقلها أرضي وتضم القواقع، والحيوان منها له صدفة واحدة ملفوفة حلزونيا، ومنها "القواقع البحرية والقواقع التي تتطفل عليها بعض الديدان والقواقع البرية".

(٣) **قسم الرأسية القدم**، وحيواناته كلها بحرية كبير الحجم سريعة الحركة، وقدم الحيوان منها على شكل أذرع عضلية حول الرأس، وليس لبعضها صدفة مثل "الأخطبوط"، ولبعضها الآخر صدفة داخلية مثل السيبيا.

(ز) قبيلة الحيوانات الشوكية الجلد:

وتشمل الحيوانات ذات الأجسام الدرنية أو الشوكية، والتي تجمع بين بعض الصفات البسيطة وبعض الصفات الأكثر تعقيدا ورقيا، وجميعها بحرية بطيئة الحركة. وتحتوي هذه القبيلة على خمسة أقسام:

(١) **قسم النجمية**، وحيواناته مفلطحة الشكل ذات أذرع غير متفرعة، ومنها "نجم البحر" الذي يعيش قرب الشواطئ في المياه القليلة الغور منبطحا على القاع، ولا يبدي إلا حركة بطيئة جدا، ويتغذى على افتراس حيوانات أخرى.

(٢) **قسم الثعبانية**، وحيوانات تشبه حيوانات قسم النجمية فيما عدا أنها متميزة الأذرع وهي رفيعة ويتحرك بها الحيوان في قفزات، ومنها "نجم البحر الهش".

(٣) **قسم القنفذية**، وحيوانات كرية الشكل أو مفلطحة، وتسكن الصخور والشعاب المرجانية، وتتغذى بالكائنات الحيوانية والنباتية الصغيرة، ومنها "قنفذ البحر وريال البحر"، وقنفذ البحر يشبه القنفذ البري في الشكل الظاهري وفي وجود الأشواك على جميع سطح الجسم، ويوجد منه نوع في المياه المصرية ويسمى "الريتزا" ويأكله سكان السواحل.

(٤) **قسم خيار البحر**، وحيواناته أسطوانية الشكل خالية من الأشواك وليس لها هيكل إلا صفائح كلسية صغيرة تحت الجلد.

(٥) **قسم زنابق البحر**، وحيواناته تشبه النباتات، فالحيوان منها له ساق وخمسة أذرع، ويقضي حياته مثبتا على الصخور لا يتحرك، وتتغذى الحيوانات السابقة على الأحياء المائية الأخرى.

ملحوظة: تنطوي جميع حيوانات القبائل السبع السابقة تحت مجموعة كبيرة تسمى "الحيوانات اللافقرية"، فهي ليس لها هيكل داخلي ترتبط حوله أجزاء الجسم، بل لبعضها هيكل خارجي فقط محيط ببعض أو كل أجزاء الجسم. أما حيوانات القبيلة الثامنة والأخيرة فلها هيكل داخلي قد يتركب من مادة صلبة عظمية أو من مادة مرنة غضروفية أو من كليهما معًا، ولعل من أهم ما يتميز به هذا الهيكل هو إشماله على سلسلة في الظهر تسمى السلسلة الفقرية أو العمود الفقري، ولهذا تسمى الحيوانات المقبلة "الحيوانات الفقرية".

(ح) قبيلة المحبولة:

وتشمل الحيوانات ذات الهيكل الداخلي والحبل العصبي الظهري، وتحتوي على خمسة أقسام:

(١) **قسم الأسماك**، وحيواناته تعتبر أدنى الحيوانات الفقرية في مراتب الرقي، وهي عموما أحياء مائية ولها أشكال وأحجام مختلفة لا تقع تحت حصر، وتتباين عاداتها وطرق معيشتها والأعماق التي تعيش فيها، وهي تشمل تحت قسمين: الأول هو تحت قسم الأسماك العظمية، وحيواناته لها هيكل داخلي عظمي وهيكل خارجي مكون من قشور جلدية رقيقة لينة نوعا ما، وأجسامها في الغالب طويلة مضغوطة من الجانبين وتتدبب عند أطرافها الأمامية والخلفية بما يشبه القارب الذي يساعدها على الحركة بسهولة في المياه، غير أن بعض الأسماك مثل "سمك موسى" تكون مفلطحة الجسم، ولهذا تعيش منبطحة على القاع. ومن الأسماك العظمية ما هو أسطواني الجسم مثل "ثعبان السمك"، وتعيش هذه الأسماك في البحار والمحيطات والبحيرات المالحة والعذبة وفي الأنهار والبرك والمستنقعات، وتنتشر في جميع طبقات المياه ابتداء من السطح إلى أعماق بعيدة. والثاني هو تحت قسم الأسماك الغضروفية، وحيواناته لها هيكل داخلي غضروفي وهيكل خارجي مكون من قشور جلدية صلبة حادة وشكلها في الغالب مغزلي، ولو أن بعضها مفلطح مثل "القوبع أو حداة البحر"، وهي عموما كبيرة الحجم ولها قوة جسدية عضلية هائلة. ومعظم الأسماك الغضروفية بحرية، على أن بعضها يدخل مصبات الأنهار، كما توجد أفراد قليلة قادرة على أن تعيش في الماء العذب. وتتغذى الأسماك عموما على الأحياء المائية الدقيقة، سواء كانت نباتية أو حيوانية، كما تتغذى على الأسماك الصغيرة

وبويضاتها والنباتات المائية وأحيانا على رواسب القاع للأنهار أو البحار أو البحيرات، ويتغذى بعض الأسماك على يرقات الديدان والحشرات المائية وبعضها على يرقات الناموس مثل سمك "الجمبوزيا". ومن أنواع الأسماك ما هو شديد الافتراس مثل "القرش أو وحش البحر" فهو يفتك بكل ما يجده من أسماك وأحيانا الإنسان.

(٢) **قسم البرمائيات**، وحيواناته تقع في منتصف التطور بين الأسماك وبين ما يلي البرمائيات من الحيوانات الفقرية وهي الزواحف، حيث تقضي حياتها بين الماء واليابسة، أو بعبارة أخرى تقضي أطوار حياتها الأولى في الماء كالأسماك حتى يكتمل تركيبها فتنتقل بعد ذلك إلى اليابسة وتعيش عليها معيشة الزواحف، ومنها "الضفادع" التي تعيش صغارها المسماه "أبو ذنيبة" في الماء العذب معتمدة على ما به من المواد النباتية كمصدر للغذاء، ومتى اكتمل تركيبها تنتقل إلى البر وتصبح من آكلات اللحوم حيث تتغذى على الحشرات والديدان المختلفة.

(٣) **قسم الزواحف**، وحيواناته أرضية ولو أن بعض الزواحف كالسلاحف المائية (الترسة) تعيش سابحة في الماء، وبعضها كالتماسيح تعيش على الشاطئ ولكنها تسبح في الماء العذب متى تشاء. ويحتوي هذا القسم على أربع فصائل وهي: فصيلة السلاحف، ومنها "السلاحف البرية والسلاحف البحرية"، وفصيلة الحيوانات الورلية، ومنها "السحالي والأبراص والورل والضبوالحرباء"، وفصيلة الثعابين، ومنها "الثعابين البرية أو البرية المائية"، وفصيلة التماسيح وتتغذى السلاحف البرية بالمواد النباتية أما المائية فتتغذى على الحشرات والديدان الأخرى الصغيرة؛ وتتغذى الثعابين على الطيور المختلفة وبيضها وفراخها وبالجرذان والسحالي والضفادع والأسماك،

وتتغذى التماسيح بالأسماك وهي صغيرة وعندما تكبر تتغذى على الحيوانات الثديية التي تقتنصها من الماء أو الشواطئ.

(٤) **قسم الطيور**، وحيواناته مغطاه بالريش الذي يعد أكبر مميز لها في المملكة الحيوانية، وتختلف الطيور من حيث نوع غذائها، فمنها ما يتغذى بالديدان والحشرات، يرقاتها مثل القنبرة وعصفور التين (البكفيك) وأبي فصادة والكروان والوروار والهدهد وأبي قردان والزقزاق، ومنها ما يتغدى بحيوانات أخرى حية أو ميتة غير الحشرات مثل الصقر والحدأة والبومة، ومنها ما يأكل الحبوب والخضروات والثمار مثل العصفور البلدي والحمام واليمام، ومنها ما يأكل كل أنواع الطعام مثل الغراب والقنبر والسمان.

(٥) **قسم الثدييات**، وحيواناته أرقى الحيوانات الفقرية تركيبا، وتمتاز بوجود الشعر الذي يغطي كل الجلد أو مواضع معينة من الجسم، وكذلك وجود ثلاثة أنواع من الغدد بالجلد وهي الغدد اللبنية والعرقية والدهنية، كما تمتاز بوجود الأعضاء القرنية كالأظافر والمخالب والحوافر والقرون، وكذلك وجود عضو عضلي يعرف بالحجاب الحاجز يفصل التجويف الصدري المحتوي على القلب والرئتين والتجويف البطني المحتوي على الأحشاء الأخرى. وليست الثدييات في درجة واحدة من الرقي كالإنسان، وعلى أساس رقيها قُسمت إلى ثلاثة تحت أقسام: الأول هو تحت قسم الثدييات الأولية والبائضة، وحيواناته تضع بيضا كبيرا ممتلئا بالبياض والصفار، ومنها حيوان خلد الماء المسمى "منقار البط" الذي يتغذى بالديدان والحشرات والقشريات. والثاني هو تحت قسم الثدييات الكيسية، ولإناث حيواناته كيس بالجزء الخلفي من بطنها، ويستخدم في حمل صغارها التي تولد غير تامة الخلقة حيث تبقى به حتى تكبر، ومنها

"الكانجرو" الذي يتغذى بالحشائش. والثالث هو تحت قسم الثدييات المشيمية أو الحقيقية، وتتميز حيواناته بتكوين العضو المسمى "المشيمة" أثناء نمو الجنين داخل الرحم. وتنقسم الثدييات المشيمية إلى عدة فصائل وهي: فصيلة عديمة الأسنان، ومنها "آكلة النمل والكسلان والمدرع"، وفصيلة آكلة الحشرات، ومنها "القنفذ"، وفصيلة آكلة اللحوم، ومنها "الأسد والفهد والنمر والذئب والثعلب والكلب والقط"، ومنها "سبع البحر أيضا"، وفصيلة الحيوانات الحوتية، ومنها "حوت الدلفين وحوت العنبر والحوت العظيم"، وفصيلة الحيوانات الحافرية، ومنها الحيوانات المعروفة كالأبقار والجاموس والجمال والأغنام والخنزير والخيل والحمير، ومنها "الخرتيت والفيل وعجل البحر"، وفصيلة الحيوانات القارضة، ومنها "الأرنب والجربوع وأبو شوك والفأر"، وفصيلة الحيوانات الخفاشية، ومنها "الخفاش العادي والنزاف"، وفصيلة الحيوانات العليا، وتشمل أرقى الثدييات مبتدئة بالليمور ومنتهية بالإنسان، ويتوسطهما الشمبنزي والقردة.

ثانيا- أقسام المملكة النباتية:

تنقسم المملكة النباتية إلى أربع قبائل وهي:-

١- قبيلة النباتات الثالوثية

وتضم أدنى النباتات مرتبة، فالنبات منها عبارة عن مجرد خلية واحدة أو عدة خلايا لا رابطة بينها تقريبا، ولا تتميز فيه أعضاء خصرية كالجذور والسيقان والأوراق، ولا يرى غالبا بالعين المجردة، وتحتوي هذه القبيلة على تحت قبيلتين وهما:-

أ- **تحت قبيلة الطحالب**

ونباتاتها تحتوي على المادة الخضراء المعروفة بالكلوروفيل، وهي تعيش في الماء العذب أو المالح أو في التربة الرطبة أو على قلف الأشجار، وتحتوي على خمسة أقسام:

(١) **قسم الطحالب الزرقاء المخضرة**، وطحالبه وحيدة الخلية، غير أنها توجد عادة في صورة مجموعات أو خيوط طويلة، وتعتبر أبسط النباتات التي تحتوي على مادة الكلوروفيل، ويرجع لونها الشائع إلى وجود صبغة زرقاء فضلا عن مادة الكلوروفيل الخضراء، وبعض أنواعها يأخذ اللون الأصفر أو اللون الزيتوني الأخضر أو اللون البني المشوب باللون الأخضر وذلك لتواجد صبغات أخرى.

(٢) **قسم الطحالب الخضراء**، وطحالبه إما وحيدة الخلية كما في طحلب "الكلاميدوموناس"، وإما عديدة الخلايا التي قد تكون مجتمعة في مستعمرات كما في طحلب "الفولفكس" أو مجتمعة في خيوط كما في طحلب "الأسبيروجيرا"، ولونها يرجع فقط إلى وجود مادة الكلوروفيل الخضراء.

(٣) **قسم الطحالب البنية**، وطحالبه تفوق الطحالب الخضراء في تركيبها الخضري، فبعضها مثل "اللاميناريا والفيوكس" يبلغ حجما كبيرا ويماثل النباتات الراقية في وجود مثبتات لها تشبه الجذور، ولونها يرجع إلى وجود صبغة صفراء فضلا عن مادة الكلوروفيل الخضراء، وتعيش غالبا في الماء المالح وتنمو بغزارة وقد تغطي مساحات عظيمة من البحار في المياه الشاطئية. ومن بين الطحالب البنية ما يسمى "الدياتومات"، وهي وحيدة

الخلية ولها أشكال لا حصر لها، فمنها الكروي والبيضي والمستقيم والمنحي والمستطيل، وأهم ما يميزها من الطحالب هو جدارها الخلوي المكون من مادة سيليكية ذات نقوش هندسية مختلفة. وتعيش الدياتومات إما منفردة وإما في مجموعات، وقد تلتصق بالنباتات المائية الأخرى، وذلك في الماء العذب أو المالح، وتعيش أيضا في التربة الرطبة وعلى رمال الشواطئ البحرية.

(٤) **قسم الطحالب الحمراء**، وطحالبه من الأنواع الراقية، ويرجع لونها إلى وجود صبغة حمراء فضلا عن مادة الكلوروفيل الخضراء، وأغلبها صغير الحجم ويعيش في الماء الشاطئية على أكبر عمق تصل إليه أشعة الشمس، والقليل منها يعيش في الماء العذب، وتفرز أنواع منها مادة كلسية قد تتراكم بعد موتها مكونة ما يشبه الشعاب المرجانية التي تنشأ من تكاثر حيوانات المرجان.

وتصنع الطحالب غذاءها بنفسها كما تصنعه النباتات الراقية تماما، فهي تحصل على الكربون من الهواء الجوي في صورة ثاني أكسيد الكربون، كما تحصل على الماء والعناصر المعدنية البسيطة كالآزوت والفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم في صورة أملاح ذائبة من الوسط الذي تعيش فيه، ثم تقوم بتحويلها إلى مواد عضوية معقدة كالمواد الكربوهيدراتية والبروتينية والدهنية فضلا عن الإنزيمات والفيتامينات والهرمونات والكلوروفيل والمواد الملونة وغيرها، ويستطيع بعض الطحالب أخذ الآزوت الموجود في الهواء بدلا من الآزوت الموجود في التربة أو في الماء، وسيجيء ذكر ذلك بشيء من التفصيل فيما بعد، وللطحالب أهمية اقتصادية حيث يمكن أن يستخرج منها اليود وكذلك مادة "الآجار" التي تستخدم في المعامل الميكروبيولوجية، وحيث يمكن أن تحول إلى سماد جيد،

فضلا عن أنها تعتبر من أكبر مصادر الغذاء للأحياء المائية المختلفة.

(ب) تحت قبيلة الفطريات

ونباتاتها خالية من المادة الخضراء المعروفة بالكلوروفيل، وهي لا تستطيع أن تبني موادها الغذائية على غرار ما تفعله النباتات الخضراء، بل تعتمد في غذائها غالبا على المواد العضوية النباتية أو الحيوانية سواء كانت حية أو ميتة. ويتركب جسم الفطرة بأكمله من خلية واحدة أو يتركب من أنابيب دقيقة على هيئة خيوط رفيعة جدا كثيرة التفرع، ويطلق على كل خيط كلمة "هيفا"، ومجموعة الخيوط كلمة "ميسليوم". وقد تكون خيوط الفطرة غير مقسمة بحواجز وقد تكون مقسمة بحواجز عرضية إلى عدة خلايا. وتحتوي تحت قبيلة الفطريات بالنسبة إلى طرق التكاثر الجنسية لفطرياتها على ستة أقسام:

(١) **قسم الفطريات الشبيهة بالطحالب أو الفيكومايسيتز**، وفطرياته تتميز بأن هيفاتها خالية من الحواجز، ومنها ما يتبع تحت قسم الفطريات الزيجية مثل "العفن السنحابي العادي" الذي يتبع جنس مبوكر، ومثل "العفن الأسود" الذي يتبع جنس ريزوبس، ومنها ما يتبع تحت قسم الفطريات البيضية مثل "الفطريات المسببة لبعض الأمراض النباتية (مرض البياض الزغبي في العنب والخس ومرض تصمغ الموالح).

(٢) **قسم الفطريات الآسكية** أو الآسكومايسيتز، وفطرياته تتميز بأن هيفاتها مقسمة بحواجز، ومنها ما يتبع جنس أسرجللسوجنس بينيسلوم، ومنها ما يتبع جنس سكروميسز الذي يضم بعض أنواع الخمائر التي تتميز بأن هيفاتها مختزلة إلى خلية واحدة.

(٣) **قسم الفطريات البازيدية** أو البازيد وما يسيتز، وفطرياته تتميز بأن

هيفاتها مقسمة بحواجز، وأغلبها يسبب أمراضا نباتية (التفحم السائب في القمح، التفحم المغطى في الشعير، التفحم اللوائي في القمح، صدأ الفول، الصدأ الأسود والأصفر في القمح، ومرض خناق القطن)، ومنها ما يتبع جنس ساليوتا، مثل الفطر المسمى "عيش الغراب" الذي تتداخل هيفاته مع بعضها مكونة أنسجة كاذبة.

(٤) **قسم الفطريات الناقصة**، وفطرياته هي التي لم يُعرف لها تكاثر تزاوجي حتى الآن، وتشمل أنواعا عديدة غير متجانسة ولو أن هيفاتها جميعا مقسمة بحواجز، وبعضها يسبب أمراضا نباتيا (تصمغ أغصان الموالح والعفن الأبيض في البصل)، ومنها ما يتبع جنس كانديدا وجنس نوريوبوليسيس الذين يضمان بعض أنواع الخمائر التي تتميز بأن هيفاتها مختزلة إلى خلية واحدة كالخمائر التي تنتسب إلى تحت قسم الفطريات الآسكية – جنس سكروميسز. وتسمى فطريات الأقسام الأربعة السابقة بالفطريات الحقيقية، أما فطريات القسمين الآتيين فتسمى بالفطريات الكاذبة.

(٥) **قسم الفطريات المخاطية** أو المكسومايسيتز، وفطرياته تقع على الحد الفاصل بين الحيوانات والنباتات، وهي غالبا تعيش على المواد العضوية الميتة، وبعضها يسبب أمراضا نباتية.

(٦) **قسم البكتيريا أو الفطريات المتكاثرة بالأقسام** أو الشيزومايسيتز، وكائناته ذات خلية واحدة أي تشبه الخمائر التي تتبع قسم الفطريات الآسكية وقسم الفطريات الناقصة، غير أنها تتميز بأن تكاثرها الخضري أو بمعنى آخر تكاثرها اللاجنسي أو اللاتزاوجي يكون بالانقسام المباشر، وفي

حين أن نفس التكاثر في الخمائر يكون بالتبرعم غالبا، وفي الفطريات ذات "الهيفا" يكون غالبا بالجراثيم المختلفة الأنواع والأشكال، ولهذا سميت طوائف البكتيريا بالفطريات المتكاثرة بالانقسام. والبكتيريا عظيمة الانتشار في الطبيعة إلى حد كبير حتى يكاد لا يخلو منها مكان، وقد أدى تعدد أشكالها وتباين صفاتها واختلاف طرق معيشتها إلى كثرة عدد قبائلها وأقسامها وفصائلها وعائلاتها وأجناسها وأنواعها بحيث تصعب الإشارة إليها كلها في هذا الموضع من الكتاب، وسيشار إلى أهم أنواعها من الناحيتين الزراعية والصناعية فيما بعد.

هذا ويمكن تقسيم تحت قبيلة الفطريات إلى أربعة مجموعات كالآتي:

١- **مجموعة العفن**، وتشمل جميع فطريات أقسام الفيكومايسيتز والبازيدومايسيتز والمكسومايسيتز، كما تشمل بعض فطريات قسمي الآسكومايسيتز والفطريات الناقصة.

٢- **مجموعة الخمائر**، وتشمل بعض فطريات قسمي الآسكومايسيتز والفطريات الناقصة.

٣- **مجموعة البكتيريا الحقيقية**، وتنتمي إلى فصيلة اليوباكتريلز- قسم الثيزومايسيتز، وتشمل أبسط أنواع البكتيريا، وهي منتشرة في الطبيعة على نطاق واسع، وتحتوي على أنواع هامة من النواحي الطبيعية والزراعية والصناعية، وهي كروية أو عضوية أو منحنية أو غير متفرعة، وطور السكون فيها هو الجراثيم إذا وجد، وتتكاثر بطريقة الانقسام المباشر.

٤- **مجموعة البكتيريا الراقية**، وتنتمي إلى:

(أ) فصيلة الاكتينومايسيتيلز- قسم الثيزومايسيتز، وتشمل البكتيريا الشبيهة

بالفطريات حيث أن لها –فيما عدا ما يتبع عائلة الميكوباكتريبسي– هيفات دقيقة السمك غير مقسمة بحواجز، ويتكاثر معظمها بالجراثيم التي تسمى الجراثيم الكونيدية أو بتجزئة الهيفات، وتحتوي على أنواع هامة من النواحي الطبية والزراعية.

(ب) فصيلة الكلاميد وباكتريبلز– قسم الشيزومايسيتز، وتشمل البكتيريا الشبيهة بالطحالب، حيث أنها خيطية الشكل مغلفة أو غير مغلفة، وتحتوي على أنواع هامة من الناحية الزراعية.

(ج) فصيلة المكسوباكتريبلز– قسم الشيزومايسيتز، وتشمل البكتيرياالشبيهة بالبكتيريا الحقيقية فيما عدا إفرازها جميعا لمواد لزجة وتكوين بعضها لأجسام تعرف "بالأجسام الثمرية" تنشأ من تجمع الخلايا الخضرية أو بعد تحولها إلى حويصلات، وتحتوي على أنواع هامة من الناحية الزراعية.

وهناك مجموعة أخرى وهي مجموعة الريكتزيا والفيروس، وتشمل أنواعا من الأحياء الدقيقة المتناهية في الصغر حيث تمر من المرشحات التي تحجز البكتيريا، وهي طفيلية وتعيش داخل الخلايا الحية وتسبب أمراضا للإنسان والحيوانات والنباتات وتهاجم البكتيريا وتقضي عليها.

٢- قبيلة النباتات الحزازية:

وتضم أبسط النباتات تركيبا بعد النباتات الثالوثية، فالنبات منها إما يتكون من جسم أخضر رقيق ذي تحزيز ثنائي، وله شعيرات رفيعة تخرج من سطحه السفلي، وإما يتكون من محور يحمل بضعة صفوف من الأوراق الصغيرة الخضراء التي تترتب عليه ترتيبا حلزونيا، وله شعيرات رفيعة تخرج من قاعدته وتعيش الحزازيات غالبا في البقاع الرطبة والأماكن المظللة، وعلى ضفاف قنوات

المياه، وعلى جذوع الأشجار وجوانب الأصص الفخارية والصخور المبتلة، وتصنع هذه النباتات غذاءها بنفسها كما تصنعه النباتات الراقية تماما.

٣- قبيلة النباتات السرخسية:

وتضم النباتات التي لها جذور حقيقية فضلا عما لها من سيقان وأوراق خضراء غير أنها عديمة الأزهار كنباتات القبيلتين السابقتين، ولقد كان للسرخيات في العصور الجيولوجية الغابرة أهمية خاصة، حيث كانت كثيرة العدد كبيرة الحجم، ويُعزى إليها تكوين طبقات الفحم الحجري.

٤- قبيلة النباتات الزهرية:

وتضم أرقى النباتات الخضراء التي تتميز بتكوين الأزهار، وتنقسم إلى قسمين:

(١) **قسم النباتات المعراة البذور**، ونباتاته في الغالب خشبية ومنها "الصنوبر والسور". ولقد كانت عظيمة الانتشار في العصور الجيولوجية الغابرة، غير أنها أخذت بعد ذلك في النقص والاضمحلال.

(٢) **قسم النباتات المغطاة البذور**، ونباتاته لها أهمية اقتصادية كبيرة، فهي تشمل نباتات المحاصيل الحقلية والخضر والفواكه والزينة والأشجار الخشبية التي تتبع عائلات عديدة، ومنها العائلة الصليبية والوردية والبقلية والخبازية والبازنجانية والقرعية والمركبة والنجيلية والزنبقية والخيمية. ومن النباتات الزهرية ما يعيش في الماء العذب أو المالح، ومنها ما يعيش في المناطق الصحراوية وقد تحور تركيبه بما يتلاءم مع ظروف البيئة التي تحيط به.

الميكروبات:

والآن، أين الميكروبات من بين ذلك العدد الوفير من أنواع الكائنات الحيوانية والنباتية؟إن كل كائن حي دقيق لا يرى بالعين المجردة هو من الميكروبات، فالميكروب كلمة مشتقة من اليونانية، ومعناها "حياة صغيرة"، وعلى هذا فإن حيوانات "قبيلة الحيوانات الأولية أو البروتوزوا"، ونباتات "قبيلة النباتات الثالوثية" هي كل ما يوجد في عالم الأحياء من ميكروبات.

ولقد كان اكتشاف هذه الأحياء متوقفا على تقدم صناعة العدسات المكبرة أو ما يعرف بالميكروسكوبات، وعلى ذلك لم تشاهد إلا في حوالي منتصف القرن الرابع عشر، حين توصل "فان لو فهنوك" الهولندي في سنة ١٦٧٦ إلى تصنيع عدسات مكنته من رؤية الكثير منها في عدة مواد بوضوح، وقد تقدم برسالة عنها إلى الجمعية الملكية بلندن في سنة ١٦٨٤ فأثارت الدهشة بين العلماء في مختلف الأقطار، وعكف بعضهم على دراستها بتعمق وخاصة بعد تقدم صناعة الميكروسكوبات المركبة وتطور الوسائل الفنية والعلمية لتنمية الميكروبات، وفصلها وتنقيتها، وتلوينها بالأصباغ التي تسهل رؤيتها ميكروسكوبيا، إلى غير ذلك من الوسائل التي رفعت علم الميكروبولوجيا إلى مصاف العلوم الحديثة الهامة.

وربما كان "بساتير" العالم الفرنسي الذي توفي في سنة ١٨٩٥ هو منشئ علم الميكروبيولوجيا، فقد جاهد من سنة ١٨٥٥ إلى سنة ١٨٦٠ حتى أثبت أن التغير أو الاختمار الذي يجري في بعض السوائل يرجع إلى كائنات حية متى كانت هذه السوائل غير معقمة أو كانت معقمة ثم تعرضت للتلوث، وبذلك هدم نظرية "الاختمار الكيميائي" القائلة بأن الاختمار ما هو إلا تفاعل كيميائي

بحث ينشأ عن قابلية بعض المواد العضوية للتحلل تلقائيا. كما هدم نظرية "التوالد الذاتي" القائلة بأن الكائنات الحية تتوالد ذاتيا في السوائل القابلة للفساد. ووُفق "باستير" بعد ذلك إلى اكتشافات عديدة في ميدان علم الميكروبيولوجيا التطبيقي، حيث توصل إلى إنتاج النبيذ والجعة بخمائر نقية، واستطاع معالجة مرض ميكروبي خطير يكاد يقضي على دودة القز وصناعة الحرير في فرنسا، واشترك في مكافحة مرض الجمرة الخبيثة في الأغنام والأبقار الذي يسببه ميكروب خاص، وقد أظهر طريقة انتقال العدوى بهذا المرض وطريقة الوقاية منه بالتلقيح، ويُعد بحث باستير في مرض الكلب وكوليرا الدواجن وطريقة مقاومتهما من أهم البحوث التي قام بها في حياته وأدى بها للإنسانية أجل الخدمات.

واهتم "لستر" في سنة ١٨٦٠ باكتشافات "باستير" وعمل على تطبيقها في علم الجراحة، إذا كان من المسلم به في ذلك الوقت أن الصديد ظاهرة من ظواهر الانحلال، فحاول "لستر" منع تسرب الميكروبات إلى الجروح بتعقيم كل ما يلامسها من آلات وضمادات سواء بالغلي أو بالمحاليل المطهرة، وهكذا تولدت فكرة التطهير التي هي أساس الجراحة الحديثة، وبذلك أمكن تخفيض نسبة الوفيات الناشئة عن تسمم الدم الذي يعقب العمليات الجراحية إلى حد كبير.

وقد استعصى الأمر على "باستير" في نقطة واحدة إذ لم يمكنه تفسير السبب في عدم استكمال تعقيم بعض السوائل أحيانا وسهولة تعقيمها أحيانا أخرى، وبقي هذا الأمر معلقا حتى سنة ١٨٧١ حيث لاحظ "كوهن" وجود الجراثيم البكتيرية التي تقاوم الحرارة والعوامل الأخرى الضارة بها، وقد ساهم "كوهن" مساهمة كبيرة في رفع شأن علم الميكروبيولوجيا التطبيقي، وفي اكتشاف

ميكروب السل (سنة ١٨٨٢) والكوليرا (سنة ١٨٨٣).

ويعتبر آخر القرن التاسع عشر وأول القرن العشرين العصر الذهبي لعلم الميكروبيولوجيا إذ توالت فيه الاكتشافات في جميع نواحيها الطبية والزراعية والصناعية، ولعل أهمها هو اكتشاف مضادات الأحياء كالبنسلين والاستربتومايسين والأوريومايسين التي أنقذت البشرية من أمراض كثيرة فتاكة، وقد يكون من الوفاء للعلماء الذين شيدوا صرح ذلك العلم أن نذكرهم في هذا المكان من الكتاب، وهم كوخ، روكسي، برسين، بهرنج، كيتاساتو، فرينكل، إبرلح، متشنيكوف، سميث، لوفلر، توورت، هيرل، سدجوبك، بارك، روزناو، ونسلو، ستينلي، لاندستينر، فلمنج، واكسمان.. في النواحي الطبية، أنتون دي باري، بوربل، ينسن، سميث، جونز.. في نواحي ميكروبيولوجيا أمراض النباتات، باستير، شلوزنج، مونتز، هيلربجل، ولفورث، يبجرينك، فينوجرادسكي، لونيز، فرد، واكسمان، توم، سميث.. في نواحي ميكروبيولوجيا الأراضي، باستير، وانزمان، فراي، فرد، بتيرسون، متشنيكوف، فون فرويدنريخ، أورلاينسن، كون، راسل، هاستنجز، روجز، شيرمان، بريد، هامر، برسكوت، شارلزتوم، جوردان، تانر.. في نواحي ميكروبيولوجيا الألبان والأغذية المحفوظة والتخمرات الصناعية.

العمليات الحيوية:

إن العمليات الحيوية –التي تؤديها الكائنات الحية المختلفة وتخلع عليها الصفات المميزة لها عن الجماد– تعتبر أساسا هاما لفهم حقيقة الميكروبات ومدى أثرها في حياة الإنسان، ولهذا نسوقها بشيء من التفصيل فيها يلي:

١- التغذية

يستنفد كل كائن حي، لكي يعيش، عدة مواد غذائية حيث يستخدمها إما

في بناء جسمه لينمو ويكبر، أو في حرقها للحصول على الطاقة اللازمة لتأدية كافة وظائفه الحيوية. وتعتمد الحيوانات في التغذية على تناول المواد العضوية الحيوانية والنباتية الجاهزة التركيب، وهو ما تعجز عنه النباتات نظرا لتكوينها الخاص، فهي تحصل على غذائها من الهواء الجوي عن طريق الأوراق والسيقان العشبية الخضراء في صورة غاز ثاني أكسيد الكربون، ومن التربة عن طريق الجذور في صورة ماء وعناصر بسيطة ذائبة فيه كالآزوت والفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم، ثم تقوم بتحويلها إلى مواد عضوية معقدة كالمواد الكربوهيدراتية والبروتينية والدهنية، فضلا عن الإنزيمات والهرمونات والكلوروفيل والمواد الملونة وغيرها من المركبات النباتية التي لا حصر لها. ولهذا يخلع على النباتات صفة "ذاتية التغذية"، ومن أهم معالم هذه الصفة هو قدرة محتويات أوراقها وسيقانها العشبية الخضراء من المادة الخضراء (الكلوروفيل) على امتصاص الطاقة الضوئية الكامنة في أشعة الشمس واستخدامها في تكوين المواد الكربوهيدراتية من غاز ثاني أكسيد الكربون والماء. وتستنفد النباتات ما صنعته بنفسها من غذاء كما تستنفده الحيوانات، أي أنها تستخدم جزءا منه في بناء أعضائها، وتستخدم الجزء الآخر في حرقه للحصول على الطاقة.

وهذا الفرق في التغذية واضح تماما في الحيوانات والنباتات الراقية، أما التغذية في الحيوانات والنباتات الأولية فتكاد لا تخضع لقاعدة معينة، فقد تكون في بعض النباتات الأولية أكثر شبها بالتغذية في الحيوانات الراقية لخلو هذه النباتات من الكلوروفيل، وقد لا تخلو في بعض الحيوانات الأولية من شبه بالتغذية في النباتات الراقية لاحتواء هذه الحيوانات على الكلوروفيل، غير أنه يمكن تقسيم الأحياء الأولية إلى قسمين من ناحية التغذية:

(١) **قسم الأحياء الأولية ذاتية التغذية (الأوتوتروفية)**، ويضم جميع الأحياء الأولية التي يمكنها استخدام غاز ثاني أكسيد الكربون كمصدر وحيد للكربون اللازم لتكوين المواد الكربوهيدراتية في أجسامها مع الحصول على باقي العناصر الغذائية من مركبات غير عضوية، وهي بذلك تشبه النباتات الراقية في أنها تكون أجسامها من عناصر بسيطة، وتشتمل هذه الأحياء على مجموعتين:

(أ) مجموعة الأحياء الأولية التي تحمل الكلوروفيل أو المواد الملونة الشبيهة بها، كبعض أنواع البروتوزوا (اليوجلينا) والبكتيريا (بكتريا الكبريت الأرجوانية والخضراء) وجميع أنواع الطحالب، وهي تعتمد على الطاقة الضوئية الممتصة من ضوء الشمس بواسطة الكلوروفيل في عملية تجهيز المواد الكربوهيدراتية التي تعرف بعملية "التمثيل الضوئي".

(ب) مجموعة الأحياء الأولية التي تعتمد على الطاقة اللازمة لها من أكسدة بعض العناصر أو بعض المركبات غير العضوية، وذلك في عملية تجهيز المواد الكربوهيدراتية التي تعرف في هذه الحالة بعملية "التمثيل الكيميائي" ومنها البكتيريا التي تؤكسد الكبريت والأيدروجين المكبرت وأول أكسيد الكربون وأملاح النشادر والآزوتيت والحديدوز.

(٢) **قسم الأحياء الأولية غير ذاتية التغذية (الهيتروتروفية)**، ويضم جميع الأحياء الأولية الخالية من الكلوروفيل والتي تعجز عن استخدام ثاني أكسيد الكربون كمصدر وحيد للكربون اللازم لتجهيز المواد الكربوهيدراتية، ويجب أن تحصل عليه من مركبات عضوية كما تحصل منها على الطاقة في نفس الوقت، وهي بذلك تشبه الحيوانات الراقية إلى حد

ما، وتشتمل هذه الأحياء على ثلاث مجموعات:

(أ) **مجموعة الأحياء الأولية الملتهمة**، وهي التي تعيش على التهام المواد العضوية الميتة أو الكائنات الحية الدقيقة وتتغذى على ما بها من مواد معقدة كالمواد الكربوهيدراتية والبروتينية، وأغلب الحيوانات الأولية من الأحياء الملتهمة (الأميبا والبراميسيوم والفورتسلا واليوجلينا والتريبانوسوما).

(ب) **مجموعة الأحياء الأولية الرمية**، وهي التي تعيش على المواد العضوية الميتة، وأغلب النباتات الأولية الخالية من الكلوروفيل من الأحياء الرمية (فطريات العفن والخمائر والبكتيريا).

(ج) **مجموعة الأحياء الأولية الطفيلية**، وهي التي تستمد جيمع احتياجاتها الغذائية من أنسجة الكائنات الحية سواء كانت حيوانية أو نباتية، وإليها يرجع إصابة هذه الكائنات بالأمراض، وبعض الحيوانات الأولية (الانتاميا هيستوليتيكا والتريبانوسوما) وكثير من النباتات الأولية (العفن والبكتيريا) من الأحياء الطفيلية. وهناك أنواع اختيارية أي تستطيع المعيشة على الأجسام الميتة أيضا تحت ظروف خاصة. هذا وصفة التطفل الكامل ليست قاصرة على بعض الأحياء الأولية غير ذاتية التغذية، بل هي صفة توجد في بعض الحيوانات والنباتات الراقية، ومن بينها الديدان الكبدية والبلهارسيا والهتروفيس والأسكاريس والإنكاستوما التي تتطفل داخليا على الحيوان أو الإنسان، ومن بينها بعض الحشرات كالبرغوث والقمل والقراد والفاش وغيرها من الطفيليات الخارجية. ومن بينها أيضا نبات الهالوك والحامول الخاليين من الكلوروفيل، ويصيب أولهما نباتات كثيرة ومنها الفول، ويصيب ثانيهما البرسيم. وقد تخصصت بعض النباتات

الراقية الخضراء في التطفل الجزئي حيث تحصل على الآزوت فقط عن طريق صيد الحشرات والحيوانات الأخرى الصغيرة ثم هضم بروتيناتها وتحويلها إلى مواد آزوتية بسيطة قابلة للامتصاص، أما احتياجاتها الغذائية من المواد الكربوهيدراتية فتسدها عن الطريق العادي وهو طريق التمثيل الضوئي، وتعرف هذه النباتات "بالآكلة للحشرات" كالدروسيرا والدابونيا والنبشير وحامول الماء.

وهناك موضوع هام يرتبط بالتغذية وهو الإنزيمات، وهي مواد بروتينية يفرزها بروتوبلازم الخلية الحية لتقوم بوظيفة العوامل المساعدة للتفاعلات الكيميائية التي تحدث في المواد الغذائية، وأنواعها عديدة حيث يختص كل نوع منها بمادة معينة من المواد الغذائية.

الإنزيمات في الحيوانات الراقية يفرز كل حيوان من الحيوانات الراقية عدة إنزيمات تختلف أنواعها والأعضاء المفرزة لها باختلاف تركيب جسم الحيوان ومرتبته في سلم النشوء والارتقاء. والمعروف أن الجهاز الهضمي في أعلى الحيوانات الراقية مرتبة يتكون من قسمين: الأول، هو القناة الهضمية، وتشمل الفم والبلعوم والمريء والمعدة والأمعاء، والثاني، هو الغدد اللعابية والكبد وغدة البنكرياس. وتفرز الغدد اللعابية ما يعرف بإنزيم "الأميليز" الذي يساعد على تحول المواد النشوية إلى الدكترين ثم إلى سكر المولتوز (سكر الشعير) فتصبح بذلك سهلة الامتصاص إذا ما وصلت إلى الأمعاء الدقيقة.

ويفرز الكبد ما يعرف بالمرارة التي تتجمع في الحوصلة المرارية ومنها تمر خلال قناة رقيقة تسمى قناة المرارة إلى أن تصب في الاثنى عشر وهو الجزء الأول من الأمعاء الدقيقة. وتفرز غدة البنكرياس التي تقع بين المعدة والاثنى عشر ما يعرف بالعصارة البنكرياسية التي تصل إلى الأمعاء الدقيقة بواسطة قناة

خاصة، وتحتوي هذه العصارة على إنزيم "التربسين" الذي يساعد على تحول المواد البروتينية إلى بوليبتيدات وأحماض أمينية، كما تحتوي على إنزيم "اللايبيز" الذي يساعد على تحول المواد الدهنية إلى أحماض دهنية وجليسيرين، وكل هذا بمعاونة المرارة. هذا علاوة على أن المعدة تفرز ما يعرف بالعصارة المعدية، وهي تحتوي على حامض الكلوردريك بالإضافة إلى حامض اللاكتيك أحيانا، كما تحتوي على إنزيم "الببسين" الذي يساعد على تحول المواد البروتينية إلى ببتونات وببتيدات. وبذلك كله تتمكن خلايا الغشاء المخاطي المبطن للأمعاء الدقيقة من امتصاص الغذاء بعد استكمال تحوله إلى مواد بسيطة بمساعدة إنزيمات أخرى، ومنها تنتقل المواد الناشئة عن انحلال المواد النشوية والبروتينية إلى الأوعية الدموية مباشرة، أما المواد الناشئة عن انحلال المواد الدهنية فتنتقل إلى أوعية خاصة تعرف بالأوعية الليمفاوية التي تصل في النهاية إلى الدم الوريدي قبيل دخوله إلى القلب الذي يقوم بتوزيع المواد الغذائية على جميع خلايا الجسم عن طريق الشرايين والشعيرات الدموية، وفي هذا الخلايا يتم تمثيل المواد الغذائية، أي تتحول من مركبات بسيطة إلى مركبات معقدة مرة أخرى بواسطة إنزيمات مشابهة للإنزيمات السابقة، وبذلك تنمو الخلايا وتنقسم وتكبر الأنسجة المختلفة، هذا ويختلف الجهاز الهضمي وغدده في باقي الحيوانات عمَّا ذكر، وذلك باختلاف وضع هذه الحيوانات في المملكة الحيوانية، أو بعبارة أخرى باختلاف مرتبتها في سلم نشوء وارتقاء الكائنات الحية.

الإنزيمات في النباتات الراقية، سبق أن أشرنا إلى أن النباتات الراقية تكون غذاءها بنفسها من مواد خام بسيطة تستمدها من الهواء الجوي المحيط بها ومن التربة، ويمر تكوين هذا الغذاء في عدة مراحل وهي:

(١) مرحلة التمثيل الضوئي أو الكلوروفيللي، في هذه المرحلة يمتص

النبات غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء الجوي عن طريق الثغور الموجودة بالأوراق الخضراء، ثم يتحد هذا الغاز بالماء المستمد من التربة مكونا حامض الكربونيك الذي ينتشر في الخلايا حتى يصل إلى البلاستيدات الحاملة لمادة الكلوروفيل الخضراء، وعندما تمتص هذه المادة الطاقة الضوئية من أشعة الشمس يتحول حامض الكربونيك إلى مادة كربوهيدراتية تعرف "بالفورمالديهايد"، ثم تتكاتف جزيئات هذه المادة بمجرد تكوينها بواسطة الطاقة الضوئية أيضا مكونة ما يسمى سكر الجلوكوز (سكر العنب).

ثاني أكسيد الكربون+ ماء+ طاقة ضوئية ← سكر جلوكوز + أكسجين

(٢) **مرحلة التحول أو التكاثف،** تبدأ المرحلة الثانية بتحول سكر الجلوكوز إلى المواد الكربوهيدراتية العديدة المتنوعة المألوفة في النبات، وذلك عن طريق سلسلة من العمليات الكيميائية التي تقوم فيها الإنزيمات المختلفة بدور العوامل المساعدة، فتتحول أولا إلى باقي السكريات الأحادية التسكر كالفركتوز (اللفيولوز أو سكر الفاكهة) والمانوز (سكر المانيت) والجالاكتوز والأرابينوز (سكر الصمغ) والزيلوز (سكر الخشب)، ثم تأخذ هذه السكريات الأحادية التسكر في التكاثف وتتحول إلى السكريات الثنائية التسكر كالسكروز (سكر القصب) والمولتوز (سكر الشعير أو المولت)، أو تتحول إلى السكريات الثلاثية التسكر كالرافينوز ثم إلى السكريات العديدة التسكر كالسليولوز واللجنين والنشا والإنيولين والدكترين والبكتين والصموغ وغير ذلك.

جلوكوز + فركتوز إنزيم الإنفريتيز سكر سكروز + ماء

جلوكوز+ جلوكوز إنزيم المولتيز سكر مولتوز + ماء.

عدة سكريات أحادية إنزيمات مختلفة سكريات عديدة التسكر + ماء.

(٣) مرحلة تكوين المركبات العضوية الآزوتية (البروتينية) والمركبات الدهنية، بعد أن يمتص النبات عنصر الآزوت من التربة على شكل أيونات بسيطة كأيونات الأمونيا والآزوتات، تتحول هذه الأيونات في الخلايا إلى مركبات عضوية آزوتية، غير أنه ليس معروفا بالتحديد كيفية حصول هذا التحول من حيث مراحله المختلفة، والرأي الغالب هو أن ما يعرف بالأحماض الأمينية يتكون أولا، ثم تتكاثف وتتحول إلى ما يسمى البيتيدات والببتونات والبروتينات، ومن الطبيعي أن تكوين المركبات العضوية الآزوتية من أملاح الأمونيا أو الآزوتات الممتصة من التربة يتوقف على تكوين المواد الكربوهيدراتية، فبأكسدة هذه المواد عن طريق التنفس يحصل النبات على الأحماض العضوية المختلفة التي هي أساس تكوين الأحماض الأمينية بمساعدة إنزيمات عديدة تعرف بالبروتييرات.

أما المركبات الدهنية كالزيوت والدهون والشموع ومركب اللسيثين التي لا تخلو منها أية خلية نباتية فتتكون من المواد الكربوهيدراتية، فبأكسدة هذه المواد تتكون الأحماض العضوية والجليسيرين، وهما أساس تكون المركبات الدهنية بمساعدة إنزيمات تعرف "بالليبيزات".

والمواد الغذائية التي يصنعها النبات تتراكم أولا في الأوراق الخضراء، ولما كانت هذه الأوراق تستنفد جزءا ضئيلا لنفسها فلا بد من انتقال هذه المواد إلى أعضاء النبات حيث تستهلك أو تخزن في أعضاء الادخار. ولانتقال هذه المواد يجب أن تكون بسيطة التركيب سهلة الذوبان في العصارة النباتية حتى

يمكن أن تنتشر في الأنسجة مخترقة جدران الخلايا، ولهذا تهضم هذه المواد بواسطة الإنزيمات السابقة، حيث أنها من النوع العكسي الذي يعمل على تحليل المواد الغذائية تحللا مائيا إلى عناصرها، كما يعمل على تكاثف هذه العناصر إلى المواد الغذائية الأصلية.

الإنزيمات في الحيوانات والنباتات الأولية: للإنزيمات في الحيوانات الأولية نفس ما لها من أهمية في الحيوانات والنباتات الراقية، إلا أن النباتات الأولية غير ذاتية التغذية تتميز بأنها تفرز العديد من الإنزيمات خارج خلاياها نظرا لأنها تستخدم في غذائها كثيرا من المركبات العضوية الكربوهيدراتية والبروتينية والدهنية غير القابلة للذوبان في الماء، ولهذا تؤثر أولا على مثل هذه المركبات بواسطة الإنزيمات، ومتى تم تحويلها إلى مركبات بسيطة ذاتية في الماء الموجود بالبيئة تنفذ داخل الخلايا خلال جدرانها بطريقة ما يعرف بالانتشار الغشائي أو الأسموزي، ثم تنتشر في البروتوبلازم حتى تصبح صالحة للتمثيل بواسطة إنزيمات أخرى تفرز داخل الخلايا، وتعرف الأولى "بالإنزيمات الخارجية" والثانية "بالإنزيمات الداخلية" وجميعها لا يخرج عما سبق ذكره من إنزيمات.

٢- التنفس

كل العمليات الكيميائية التي تحدث على الدوام في كل خلية حية وينتج عنها تركيب المواد الغذائية أو حرقها تسمى "عمليات التحول الغذائي"، وهي ذات شقين: أولهما، "عمليات البناء"، وفيها تتكون مركبات معقدة من مواد بسيطة، وثانيهما، "عمليات الهدم"، وفيها تتكسر المركبات المعقدة إلى مواد بسيطة أي تعود إلى أصولها، وبذلك تنطلق الطاقة الكامنة في هذه المركبات فيستخدمها الكائن الحي في كافة عملياته الحيوية كعملية البناء نفسها والحركة

وما إليها فضلا عن بقاء الخلايا في حالتها الطبيعية.

وتعتمد عمليات الهدم على ما يعرف بالتنفس، وهو عملية حيوية تتلخص في امتصاص الكائن الحي لغاز الأكسجين المطلق المحتوي عليه الهواء الجوي، ثم استخدامه في أكسدة أو حرق المواد الغذائية بمساعدة إنزيمات خاصة تسمى "الإنزيمات التنفسية"، غير أنه توجد طائفتان من النباتات الأولية يحصلان على الأكسجين من مصادر أخرى، وهما الطائفة اللاهوائية حتما أي التي لا تستطيع المعيشة في وجود الهواء الجوي، والطائفة اللاهوائية اختيارا أي التي تستطيع المعيشة بمعزل عنه، وسيجيء ذكرهما فيما بعد.

التنفس في الحيوانات الراقية: تختلف أعضاء التنفس في الحيوانات الراقية باختلاف تركيب جسم الحيوان ومرتبته في سلم النشوء والارتقاء، فالرئة هي عضو التنفس في أعلى الحيوانات مرتبة حيث يصل إليها الهواء الجوي المحتوي على الأكسجين عن طريق الأنف فالقصبة والشعب الهوائية. والخياشيم هي عضو التنفس في الحيوانات التي تعيش في الماء كالأسماك حيث يصل إليها أكسجين الهواء الجوي الذائب في الماء عن طريق الفم. والقصبات الهوائية هي عضو التنفس في الحشرات حيث يصل إليها الأكسجين عن طريق الفتحات التنفسية.

ويدخل غاز الأكسجين في الشعيرات الدموية الموجودة بالرئة أو الخياشيم بطريق الانتشار في عملية "الشهيق" ويحل فوراً محل غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود بالدم، وهو الغاز الناتج من أكسدة المواد الغذائية، وينطلق هذا الغاز إلى الخارج في عملية "الزفير". ويوجد بالدم إحدى مادتين وهما الهيموجلوبين والهيموسبانين، وتوجد المادة الأولى إما في الكريات الحمراء لدم بعض الحيوانات كالإنسان مثلا، وإما ذاتية في بلازمة الدم كما هو الحال في الديدان الأرضية.

وتوجد المادة الثانية، وهي عديمة اللون، إما في الكريات الدموية لبعض الحيوانات العنكبوتية كالعقرب، وإما ذاتية في بلازمة الدم كما هو الحال في الحيوانات المائية كالجنبري، وللمادتين قدرة كبيرة على الاتحاد بالأكسجين وثاني أكسيد الكربون ثم الانفصال عنهما حيث تكونان معهما مركبات غير ثابتة، وبذلك تسهل عملية تبادل الغازين في الرئة أو الخياشيم. ومادة الهيموسيانين عديمة اللون وتتركب من النحاس متحدا مع البروتين بدلا من الحديد في الهيموجلوبين، إلا أنها متى اتحدت بالأكسجين كونت مركبا يسمى أكسيهيموسيانين وهي مادة زرقاء.

وقد يحدث التنفس دون وساطة الدم كما هو الحال في الحشرات، حيث يصل أكسجين الهواء الجوي إلى الخلايا مباشرة عن طريق الأطراف الدقيقة للقصبات الهوائية التي تصل إلى كل خلية من خلال الجسم.

التنفس في الكائنات النباتية الراقية: ثغور أعضاء النباتات الراقية في المدخل الرئيسي لأكسجين الهواء الجوي، ويعتبر التنفس في هذه النباتات عملية عكسية لعملية التمثيل الضوئي، وذلك من حيث المواد المتفاعلة والمواد الناتجة.

تمثيل ضوئي

ثاني أكسيد الكربون + ماء + طاقة ⟵ سكر جلوكوز + أكسجين.

طاقة تنفس

⟶

غير أن عملية التنفس تختلف عن عملية التمثيل الضوئي في أنها تحدث في الضوء وفي الظلام على السواء، أي أنها تحدث في كل خلية حية، بعكس عملية التمثيل الضوئي التي لا تحدث إلا في الخلايا المحتوية على المادة الخضراء (خلايا الأوراق والسيقان العشبية الخضراء) وفي وجود ضوء الشمس.

التنفس في الكائنات الحيوانية والنباتية الأولية: لا يختلف التنفس في الكائنات الحيوانية الأولية عن التنفس في الكائنات الحيوانية الراقية، غير أن الكائنات الحيوانية الأولية لا تحتوي على أعضاء تنفسية، ولهذا يتم تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في أجسامها بفعل حيوية البروتوبلازم، وهو ما يحدث أيضا في أدنى الحيوانات مرتبة في سلم النشوء والارتقاء، كالإسفنج وقناديل البحر والمرجان والديدان الحلقية. أما عملية التنفس في النباتات الأولية فترتبط بوجود مادة الكلوروفيل وأشباهها أو عدم وجودها، فإذا ما وجدت هذه المادة، كما هو الحال في الطحالب والبكتيريا الملونة، كانت عملية التنفس مشابهة تماما لعملية التنفس في النباتات الراقية، وإذا لم توجد هذه المادة، كما هو الحال في جميع النباتات الأولية غير ذاتية التغذية، كانت عملية التنفس مشابهة تماما لعملية التنفس في الحيوانات الراقية أو الأولية، وإن اختلفتا من ناحية إمكان حدوث التنفس في بعض هذه النباتات الأولية بمعزل عن الهواء الجوي، وهو مالا يمكن حدوثه في الحيوانات الراقية أو الأولية. ولأهمية أنواع التنفس في هذه المجموعة من النباتات الأولية، سواء في وجود الهواء الجوي أو بمعزل عنه، وذلك من حيث أثر هذه الأنواع في المواد الغذائية المستخدمة. فسنذكرها مع شيء من التوسع فيما يلي:

(١) **التنفس الهوائي**، وهو الذي يحدث في وجود الأكسجين المطلق أو بعبارة أخرى في وجود الهواء الجوي، وهو ينقسم إلى قسمين:

(أ) التنفس اللاعضوي، وهو ما تترتب عليه " الأكسدة غير العضوية"، وتقوم به أنواع من البكتيريا التي تؤكسد أملاح النشادر إلى آزوتيت وأملاح الآزوتيت إلى آزوتات، وكالبكتيريا التي تؤكسد غاز كبريتور الأيدروجين إلى كبريت والكبريت إلى حامض كبريتيك. ولما كانت الطاقة المنطلقة من

عمليات الأكسدة هذه طاقة كيميائية فإن عملية تجهيز المواد الكربوهيدراتية من ثاني أكسيد كربون الهواء الجوي والماء على حساب هذه الطاقة تسمى عملية "التمثيل الكيميائي" قياسا على عملية "التمثيل الضوئي" وهي عملية تجهيز المواد الكربوهيدراتية على حساب الطاقة الضوئية.

(ب) التنفس العضوي، وهو ما تترتب عليه "الأكسدة العضوية"، وتقوم به الفطريات وأنواع من البكتيريا والأكتينومايسيتز التي تؤكسد المواد العضوية كليا أو جزئيا، كأكسدة سكر الجلوكوز إلى ثاني أكسيد كربون وماء (أكسدة كلية)، وأكسدة الكحول الإيثيلي إلى حامض خليك وماء (أكسدة جزئية) أو إلى ثاني أكسيد كربون وماء (أكسدة كلية).

(٢) **التنفس اللاهوائي**، وهو الذي يحدث في غياب الأكسجين المطلق أو بعبارة أخرى بمعزل عن الهواء الجوي، وهو ينقسم إلى ثلاثة أقسام:

(أ) التنفس اللاهوائي خارج الجزيء، وهو ما تترتب عليه "الأكسدة و الاختزال" في نفس الوقت، وكثير من أنواع البكتيريا وخاصة غير الهوائية اختيارا ما يمكنه أكسدة مركبات الكربون العضوية في حالة وجود مركبات أخرى تحتوي على أكسجين يمكن استخلاصه بالاختزال مثل أملاح الآزوتات أو الكبريتات، حيث تختزل الأولى إلى آزوتيت أو نشادر أو آزوت مطلق، والثانية إلى غاز الأيدروجين المكبرت. ولما كانت عملية فصل الأكسجين من جزيء تحتاج إلى مجهود فإن حصيلة الطاقة الناتجة من الاختزال والأكسدة تكون أقل من حصيلة الطاقة الناتجة من الأكسدة المباشرة.

(ب) التنفس اللاهوائي داخل الجزيء، وهو ما تترتب عليه "الأكسدة الداخلية في جزيئات المواد العضوية"، وتقوم به أنواع من البكتيريا التي تؤكسد سكر الجلوكوز إلى كحول وثاني أكسيد الكربون (التخمر الكحولي)، والتي تؤكسد السكر المذكور إلى حامض لاكتيك (التخمر اللاكتيكي). وتكون الطاقة التي يحصل عليها الميكروب في مثل هاتين الحالتين صغيرة، لأنه يختلف عن الأكسدة مركبات عضوية تحتوي على كمية كبيرة من الطاقة.

(ج) التنفس الهيدروليتي، وهو ما تترتب عليه "الأكسدة الهيدروليتية"، وتقوم به أنواع من البكتيريا التي تحول اليوريا إلى نشادر فكربونات نشادر.

٣- الحركة والإحساس:

الحركة في معناها العادي هي عبارة عن انتقال جسم الكائن الحي أو جزء من أجزائه من موضع إلى آخر، والإحساس في معناه العادي أيضا هو عبارة عن انتقال الكائن الحي ببعض المؤثرات، غير أنها أكثر من ذلك تعقيدا كما يتبين مما يلي:-

الحركة والإحساس في الحيوانات الراقية: للحركة في أعلى الحيوانات الراقية مرتبة ثلاثة أنواع وهي: (١) الحركة الإرادية، ومنشؤها الإرادة. (٢) الحركة العكسية، ومنشؤها تنبيه سابق لحاسة اللمس أو النظر أو السمع أو غيرها من الحواس. (٣) الحركة غير الإرادية، ليس لها علاقة بالإرادة أو بتنبيه سابق لحاسة من الحواس، ومثلها حركة القلب (الضربات) وحركة المعدة والأمعاء (الحركة الدودية) وحركة الصدر (التنفس). وتعتمد الحركة في الحيوانات الراقية على العظام التي تكوِّن في مجموعها الهيكل العظمي، وعلى المفاصل التي تربط العظام

ببعضها، وعلى العضلات التي تعتبر القوة المحركة لهذه العظام.

والإحساس في أعلى الحيوانات الراقية مرتبة وظيفة عصبية يقوم بها الجهاز العصبي الذي يتكون من: (١)المراكز العصبية، وهي المخ (مركز الانفعالات الإرادية سواء كانت حركية أو حسية)، والمخيخ (مركز التوازن)، والنخاع المستطيل (مركز حركات التنفس والقلب والمعدة والأمعاء) وجميعها داخل الجمجمة.والنخاع الشوكي بما في ذلك العقد العصبية (مركز الحركات العكسية)، وهو داخل قناة العمود الفقري المسماة القناة الفقرية. (٢) الأعصاب، وهي حبال عصبية متصلة بالمراكز السابقة وتنتهي أطرافها في جميع أجزاء الجسم، ومنها الأعصاب الحسية التي تتصل بالجلد وتنقل فيها الحساسية من الجلد إلى النخاع الشوكي، ومنها الأعصاب العضلية التي تحرك العضلات.

والحواس العامة في أعلى الحيوانات الراقية مرتبة هي حاسة البصر التي يقوم بها العصب البصري الموجود بالعين، وحاسة الشم التي تقوم بها الخلايا العصبية المنتشرة بالأنف، وحاسة السمع التي يقوم بها العصب السمعي الموجود بالأذن، وحاسة التوازن التي تقوم بها أعضاء الحساسية العامة (النظر والسمع والحساسية العضلية وتوازن الرأس والمخيخ)، وحاسة التذوق التي تقوم بها الخلايا العصبية الموجودة بحلمات اللسان، وحاسة اللمس التي تقوم بها الأعضاء العصبية المنتشرة في الجلد.

والحركة وما يتصل بها من أنواع الحساسية وظيفة حيوية هامة، غير أن هناك أنواعا من الحيوانات الراقية يعتريها وقوفا في الحركة قد يكون كليا، ومن علاماته بطء التنفس وحركة القلب، ومن أمثلة هذه الحيوانات الخفاش (الوطواط) والقنفذ وبعض الثعابين والأسماك والحيوانات المفصلية (الجنبري) وكثير من الحشرات والحيوانات القوقعية. ويحدث هذا الوقوف في الحركة عادة في فترة

الشتاء حيث تنخفض الحرارة، ولو أنها تحدث أحيانا في الصيف لبعض الحيوانات التي تسكن البلاد الحارة.

الحركة والإحساس في النباتات الراقية: من المعروف أن النباتات الراقية لا تستطيع الانتقال من مكان إلى آخر لأنها مثبتة في التربة التي تنمو عليها بواسطة جذورها وقد يتبادر إلى ظن الكثيرين أن هذه النباتات لا تتحرك ولا تحس غير أنهم إذا ما أنعموا النظر للاحظوا أن أعضاء هذه النباتات قادرة على حركة بطيئة تتوقف على بعض تغيرات في عوامل البيئة. فتفتح الأزهار في النهار وانضمامها عند حلول ظلمة الليل، واتجاه السيقان نحو مصدر الضوء عبارة عن حركات يسببها شعور النبات أو إحساسه بتغير طرأ على بيئته، وهذا الإحساس بالتغير في عوامل البيئة يشبه إحساس الحيوانات الراقية ببعض المؤثرات، غير أن إحساس النباتات الراقية بهذه المؤثرات يستغرق وقتا طويلا، وذلك لأن النباتات ليس لها أعصاب لنقل التأثير ولا مركز عصبي يتلقاه، ولا هي مزودة كالحيوانات الراقية بأعضاء خاصة للحس، ولعل مجموعة النباتات المتسلقة أكبر دليل على وجود الإحساس في النباتات الراقية، حيث تتميز أفراد هذه المجموعة بدقة سيقانها وعجزها عن النهوض بنفسها في وضع رأسي كما هي طبيعة النباتات الأخرى، فلبعضها أعضاء تسمى "الحوالق" شديدة الحساسية، إذ بمجرد أن تلمس جسما صلبا تلتف حوله وتوثق التصاقها به، ومن أمثلتها نبات اللوف والبسلة. ولبعضها الآخر أسواط دقيقة في نهاية سيقانها، ونظرا لليونتها فإنها تتدلى حتى تستوي في وضع أفقي تقريبا، ثم تأخذ في الدوران فإذا ما اعترضتها دعامة استمرت في دورانها، وبذلك تلتف حولها في شكل لولبي.

الحركة والإحساس في الحيوانات والنباتات الأولية: لما كانت الحيوانات الأولية صغيرة جدا فإنه لا توجد معلومات دقيقة عن أعضاء الحس فيها، غير

أنه من الثابت أن معظمها يتحرك إما بواسطة أقدام كاذبة (بروزات من بروتوبلازم الخلية دائمة التغير) كالأميبا، وإما بواسطة أسواط أو أهداب كاليوجلينا والبراميسيوم، وتستخدم هذه الحيوانات الأعضاء الحركية أساسيا في البحث عن الغذاء والاستحواذ عليه من البيئة المائية التي تعيش فيها. والنباتات الأولية كالنباتات الراقية ليس لها أعصاب لنقل التأثير ولا مركز عصبي يتلقاه ولا هي مزودة بأعضاء خاصة للحس، غير أنه من الثابت أيضا أن بعضها يتحرك بواسطة أسواط أو أهداب تسمى "فلاجلات"، أو بواسطة التواء الجسم في حركة ثعبانية.

٤- الإخراج

يخرج كل كائن حي أو يقذف خارج جسمه المواد التي لا فائدة منها أو التي ينتج عن بقائها ضرر أو خطر، وجميع هذه المواد ناشئ عن عمليات التحول الغذائي أو عملية الهدم بالنبات.

الإخراج في الحيوانات الراقية: تختلف أعضاء الإخراج في الحيوانات الراقية باختلاف تركيب جسم الحيوان ومرتبته في سلم النشوء والارتقاء، فالأمعاء الغليظة تعمل على جمع كل البقايا الغذائية التي لم تؤثر عليها العصارات الهضمية، وكذلك نواتج انحلال المواد الكربوهيدراتية والبروتينية بتأثير بعض الميكروبات التي توجد عادة في الأمعاء، ومنها حامض اللاكتيك والخليك والنشادر وغازات ثاني أكسيد الكربون وكبريتور الأيدروجين والأيدروجين. والرئتان تعمل على طرد غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية التنفس مصحوبا ببخار الماء والمواد الطيارة إلى خارج الجسم عن طريق عملية الزفير. والجلد يعمل على التخلص من الأملاح المعدنية والبولينا والأحماض الدهنية عن

طريق الغدد العرقية والدهنية. والكليتان تعمل على إخراج ما في الدم من مواد ضارة زائدة عن الحاجة كالبولينا والسكر فضلًا عن الأملاح المعدنية.

الإخراج في النباتات الراقية: يكاد يكون الإخراج في النباتات الراقية قاصرًا على إخراج ثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية التنفس، وذلك في صورة غازية عن طريق ثغور الأوراق وثغور وعديسات السيقان، أو في صورة حامض كربونيك عن طريق الجذور.

الإخراج في الحيوانات والنباتات الأولية: ليس للحيوانات والنباتات الأولية أعضاء إخراج بالمعنى المعروف، فأجسام معظم الحيوانات الأولية تحتوي فقط على فراغات ثابتة أو متغيرة الموضع، وتنقبض متى انتفخت لتطرد ما يتجمع بها من سوائل وثاني أكسيد الكربون إلى الخارج. وفي النباتات الأولية يخرج ثاني أكسيد الكربون من أجسامها بطريقة الانتشار العادي كما تخرج السوائل بطريقة الانتشار الغشائي أو الأسموزي.

٥- النمو والتكاثر

يمكن تعريف النمو بصفة عامة بأنه الزياد الدائمة في حجم أو وزن أي كائن حي، وغايته نضج الفرد ووصوله إلى مرحلة البلوغ، كما يمكن تعريف التكاثر بأنه إنتاج كائنات حية جديدة، وغايته حفظ النوع من الانقراض.

النمو والتكاثر في الحيوانات الراقية: يبدأ النمو في الحيوانات الراقية بالتكاثر التزواجي، أو بمعنى آخر بوصول الخلية الذكرية أو الحيوان المنوي إلى الخلية الأنثية أو البويضة، ثم اندماجهما وتكوين خلية واحدة تسمى "الزيجوت" أو "البويضة الملقحة" التي تأخذ في الانقسام المتتابع حتى يكتمل نمو الجنين وبه مختلف الأجهزة والأعضاء، ومتى بلغ الجنين أشده خرج إلى النور ليتغذى وينمو

ويرتفع إلى مرتبة البلوغ كذكر أو أنثى، وأحيانا كخنثى في أدنى الحيوانات مرتبة. وتختلف الحيوانات من حيث طريقة وصول الخلايا الذكرية إلى الخلايا الأنثية، ثم معيشة أجنتها، وذلك باختلاف أنواعها وأوضاعها في أقسام المملكة الحيوانية.

ومن حالات النمو في الحيوانات الراقية قدرة بعضها على تعويض ما يفصل من أجسامها لسبب من الأسباب، كما هو الحال في السحالي والجنبري ونجوم البحر والديدان الأرضية. ومن حالات التكاثر في الحيوانات الراقية قدرة بعضها على التكاثر اللاتزواجي، ويتم بخروج "أزرار" أو "براعم" من أجسامها، ولا تلبث أن تنفصل عنها لتبدأ حياة مستقلة، كما هو الحال في الاسفنج والهيدرا.

النمو والتكاثر في النباتات الراقية: تبتدئ دورة حياة النباتات الراقية الزهرية بتكوين البذور، وهي أعضاء تحتوي على الجنين والمواد الغذائية المدخرة، وإذا ما توافرت لهذه البذور عوامل الإنبات من رطوبة وحرارة ابتدأ الجنين في النمو على حساب ما يستنفده من مواد غذائية مدخرة في البذرة، ولا يمضي وقت طويل حتى يكون الجنين قد نما إلى نبات له جذور وساق وأوراق ويسمى "البادرة" وتعتبر البادرة نباتات كاملة الأعضاء مع خلوها من الزهرة، وعند إتمام مرحلة البادرة تكون المواد الغذائية المدخرة قد استنفدت تماما، ويتحتم عندئذ أن تعتمد البادرة على نفسها في صنع غذائها مما تمتصه من الجو ومن التربة، وبذلك تكبر البادرات طولا وسمكا مكونة أوراقا وفروعا وجذورا جديدة، وتصبح نباتا قد نضج وتم نموه، وعند هذا تتم مرحلة النمو الخضري وتبدأ مرحلة تكوين الأزهار والثمار، ففي الأزهار توجد أعضاء التأنيث وأعضاء التذكير التي توجد في زهرة واحدة أو في زهرتين منفصلتين، وبمجرد تلقيح أعضاء التأنيث وإخصابها تبدأ عملية تكوين البذور فالثمار، وبذلك تتم الدورة، أما النباتات الراقية اللازهرية، وهي الحزازية والسرخسية، فلها دورة حياة معقدة

تشمل نشوء أعضاء خاصة للتذكير والتأنيث، ثم تكوين جراثيم جنسية ولا جنسية فتوالد نباتات جديدة.

وهناك أنواع أخرى من التكاثر في النباتات الراقية لا دخل للبذور فيها، فعلى السيقان الأرضية لبعض هذه النباتات توجد براعم إبطية أو طرفية وجذور عرضية يمكن أن تنتج نباتات جديدة متى توافرت لها الظروف الملائمة معتمدة على الغذاء المدخر بهذه السيقان، وذلك كما هو الحال في النباتات ذات الريزومات (نبات السوسن) والأبصال (نبات البصل) والدرنات (نبات البطاطس) والكورمات (نبات القلقاس). وتكاثر نبات قصب السكر والعنب بالعقل، وتكاثر نبات النخيل والموز بالفسائل أو الخلفة، ما هما إلا نوعان من التكاثر المسمى "التكاثر الخضري" في النباتات الراقية الزهرية.

النمو والتكاثر في الحيوانات والنباتات الأولية: النمو والتكاثر في الحيوانات والنباتات الأولية هما وظيفتان حيويتان لا تنفصلان، فتكاثر الخلية بطريقة الانقسام المباشر وما يعرف بالانقسام البسيط أو الانقسام الثنائي –وهو التكاثر السائد في هذه الكائنات– يرتبط باكتمال نمو الخلية، غير أنه توجد أنواع أخرى من التكاثر وهي:

(١) **التكاثر بالانقسام المضاعف**، في بعض الحيوانات الأولية كالأميبا، إذا ما قل الغذاء أو الماء في الوسط الذي تعيش فيه، لجأت إلى إجراء يقيها شر الجوع أو الجفاف، فتفرز حول نفسها غلافا من مادة الكيتين على شكل كيس أو حوصلة، وتبقى هكذا إلى أن تحل ظروف مناسبة فتخرج من غلافها لتعاود النشاط. وقد يحدث أن تنقسم نواتها عدة مرات وهي داخل الحوصلة، ويتجمع حول كل نواة من الأنوية الجديدة جزء من السيتوبلازم، وعند ذوبان الحوصلة يخرج كل جزء على هيئة أميبيا صغيرة،

وهذا الانقسام يعرف "بالانقسام المتضاعف".

(٢) **التكاثر بالجراثيم اللاتزاوجية**، في بعض النباتات كالخميرة إذا لم تجد غذاء كافيا انقسمت نواتها إلى نواتين، وكل نواة إلى نواتين مرة أخرى، وبذلك تتكون أربعة أنوية، ويتجمع حول كل منها جزء من السيتوبلازم، ثم يفرز كل جزء حول نفسه جدارا سميكا مكونا ما يعرف بالجرثومة، وتظل الجراثيم الأربع داخل الجدار الخلوي للخلية الأصلية حتى إذا ما جف هذا الجدار فإنه يتصدع وتتبعثر الجراثيم في الهواء، وتظل معلقة فيه وهي تقاوم الظروف البيئية السيئة لتغلظ جدارها إلى أن تسقط في وسط ملائم فتتحرر الجراثيم وتكون كل منها نباتا فطريا جديدا من الخميرة. وفي بعض النباتات الأولية، كأنواع العفن، إذا توفر الغذاء يتفرع من الهيفات الأفقية حوامل رأسية هوائية تحمل الجراثيم في سلاسل أو في أكياس جرثومية، وإذا ما انتشرت الجراثيم في الهواء ثم سقطت في بيئة ملائمة نمت كل جرثومة وكونت عفنا جديدا.

(٣)**التكاثر بالتبرعم**، في بعض النباتات الأولية كالخميرة، عند وفرة الغذاء يظهر على جانبها بروز صغير ينمو تدريجيا، وفي نفس الوقت تنقسم النواة إلى قسمين، أحدهما صغير ويمر إلى هذا البروز الذي يسمى "البرعم"، بينما يظل القسم الآخر في الفرد الأصلي، وأخيرا ينفصل البرعم عن الجزء الأكبر من الخلية الأصلية، ثم لا يلبث كل منهما أن يتغذى وينمو حتى يصل إلى الحجم العادي للخميرة، ثم يبدأ التكاثر من جديد، وقد يحدث أن يبقى البرعم متصلا بالخلية الأصلية ثم يتكاثر بنفس الطريقة السابقة، وبذلك تظهر الخلايا على هيئة سلسلة قصيرة أو على عدة سلاسل.

(٤) **التكاثر الخضري**، في بعض النباتات الأولية كالطحالب والعفن، إذا انفصلت أجسامها الخيطية إلى عدة أجزاء، فإن كل جزء يمكن أن ينمو إلى خيط جديد.

(٥) **التكاثر التزاوجي**، في بعض الحيوانات الأولية كالبراميسيوم يتم التزاوج بتقارب فردين وتلاصقهما فما لفم، ثم اتصال محتوياتهما الداخلية اتصالا مباشرا، وحدوث عدة تطورات في النوايا وأخيرا نشوء أفراد جديدة. أما الملاريا فيتم التزاوج فيها بتكوين أفراد جنسية تعرف بالجاميتوسيتات في دم الإنسان ومتى انتقلت بالامتصاص إلى معدة البعوضة كونت "الزيجوت" الذي يمر بدور خاص ينتهي بالأجسام الخيطية التي تنتقل إلى الإنسان مرة أخرى. وفي بعض النباتات الأولية كأنواع خاصة من الطحالب يتم التزاوج بأن تنقسم محتويات الخلية عدة مرات، وبذلك يتكون داخل جدارها عدة أفراد قد تصل إلى ٦٤ فردا، وعندما يتمزق هذا الجدار تنطلق الأفراد الصغيرة في الماء وهي عبارة عن جاميتات مذكرة ومؤنثة ولكل منها هدبان، ويبدأ كل اثنين منها في التزاوج، وأحيانا يأخذ التزاوج مجراه بين خيطين مستقلين متوازيين في الوضع واندماج كل خليتين متقابلتين، أو بين خليتين متجاورتين في خيط واحد. وفي بعض النباتات الأولية الأخرى كأنواع خاصة من الفطريات يتم التزاوج بطرق مختلفة ينشأ عنها ما يعرف بالجرثيم التزاوجية، ومنها الجراثيم الزيجية والبيضية والآسكية والبازيدية.

وهناك موضوعان هامان يرتبطان بالنمو والتكاثر وهما:

(أ) **الفيتامينات**

الفيتامينات مواد كيميائية معقدة توجد بمقادير متفاوتة في جميع أجسام

الكائنات الحية دون استثناء، ففيتامين أ، وهو اسم عام لنوعين متشابهين يطلق عليهما اسم (فيتامين أ$_{١}$، وفيتامين أ$_{٢}$) يوجد في الحيوانات الأرضية وفي الأسماك البحرية (فيتامين أ$_{١}$) أو في الأسماك التي تعيش في المياه العذبة (فيتامين أ$_{٢}$)، ومن مميزات هذا الفيتامين أنه يذوب في الدهون، ولهذا يوجد في اللبن وزيت السمك ودهون الأبقار والبيض وغيرها من المواد، كما أنه يختزن بكميات كبيرة داخل أكباد الحيوانات المختلفة، ولا يوجد هذا الفيتامين في الحيوانات فحسب، ولكنه يوجد في النباتات المختلفة حيث تحتوي على عدة أنواع من الأصباغ الحمراء والصفراء التي يطلق عليها جميعا اسم "كاروتين" وهذه الأصباغ الملونة تتحول في أجسام الكائنات التي تتعطاها إلى فيتامين أ.

وفيتامين ب، وهو يتركب من عدة مواد يطلق عليها جميعا اسم فيتامين ب المركب (فيتامين ب$_{١}$ أو الثامين، فيتامين ب$_{٢}$ أو الريبو فلافين، فيتامين ب$_{٣}$، فيتامين ب٤، فيتامين ب$_{٥}$، فيتامين ب$_{٦}$، أو البيربدوكسين، فيتامين ب$_{٧}$ أو حامض النبيكوتينيك أو النياسين، فيتامين ب$_{٨}$ و حامض الأديليك أو الأدينين)، يوجد بكميات كبيرة في الحبوب الكاملة كالقمح والشعير والأرز والشوفان، كما يوجد في البسلة والفول والعدس والخضروات والخميرة، ولا يوجد في اللحوم بكمية وافرة إلا في لحم الخنزير.

وفيتامين ج أو حامض الأسكوربيك، يوجد في كثير من الفواكه والخضروات الطازجة، كما يوجد بكميات قليلة في اللحوم.

وفيتامين د، يوجد في زيت السمك ومح البيض (صفاره)، كما يوجد أينما توجد مادة "الإرجسترول" التي تفرزها الغدد الدهنية الكائنة بجلود

الحيوانات حيث تتحول هذه المادة إلى فيتامين د بفعل أشعة الشمس فوق البنفسجية، ثم يمتص الفيتامين بعد ذلك من الجلود إلى داخل الجسم.

وفيتامين هـ، يوجد بكميات كبيرة في بعض الأنسجة النباتية كأوراق الخس والبرسيم الحجازي، وكذلك في بعض الزيوت النباتية.

وفيتامين ك، يوجد بكميات كبيرة في الخضروات وفول الصويا والبرسيم الحجازي، كما يوجد بكميات متوسطة في أجسام الحيوانات وبكميات أكثير نسبيا في أجسام أفراخ الدجاج.

وفيتامين ل، وهو اسم عام لنوعين هما فيتامين ل١، وفيتامين ل ٢، يوجد في الكبد (فيتامين ل١) والخميرة (فيتامين ل٢).

وفيتامين ع يوجد في الليمون.

ولكل فيتامين تأثير حيوي معين في نمو وتكاثر جميع الكائنات الحية دون استثناء، غير أن هذا التأثير يعتبر معروفا إلى حد كبير في مختلف أنواع الحيوانات الفقرية وخصوصا الثدييات، ويعتبر محاطا حتى الآن ببعض الغموض والإبهام في النباتات الراقية أو الأولية بما في ذلك العفن والخمائر والبكتيريا. ففيتامين أ مضاد لمرض جفاف ملتحمة العين وفقد قدرتها على الإبصار في الظلام.

وفيتامين ب١ مضاد لمرض البري بري، وذو أثر فعال في أكسدة المواد الكربوهيدراتية (السكرية والنشوية) بالجسم، وله علاقة ما بنشاط الغدة الدرقية. وفيتامين ب٢ مضاد لبعض الالتهابات الجلدية كالجروح والتسلخات، كما هو مضاد لتهيج الشعيرات الدموية داخل قرنية العين واحتمال حدوث

المرض المعروف بالكتركتا (إظلام عدسة العين) وفقد البصر. وفيتامين ب مضاد للأنيميا، وفيتامين ب٧ مضاد لمرض البلاجرا والأنيميا،وهو منظم لبعض العمليات الفسيولوجية الداخلية، وله علاقة بأكسدة المواد الكربوهيدراتية بالجسم،وفيتامين ج مضاد لمرض الإسقربوط، وفيتامين د مضاد لمرض الكساح، وفيتامين هـ مضاد للعقم، وفيتامين ك مضاد لنزف الدم، وفيتامين ل مدر للبول، وفيتامين ع مقاوم لمرض الفرفورية.

(ب) **الهرمونات**

الهرمونات مواد كيميائية معقدة عرف عنها الكثير في الحيوانات الفقرية وبالذات في الثدييات منها، وهي إفرازات لغدد صماء، أو بعبارة أخرى لغدد لاقنوية تصب إفرازاتها مباشرة في الأوعية الدموية التي تمر بها كي يحملها الدم في تجواله إلى الأعضاء المختلفة ويمدها باحتياجاتها الهرمونية. فالغدة الدرقية (تتركب من فصين صغيرين يرتكزان على القصبة الهوائية عند قاعدة العنق) تفرز هرمون الثيروكسين، ويؤدي النقص فيه إلى مرض "الكسيديما أو الأوزيما المخاطية"، ومرض "تضخم الغدة الدرقية أو الجواتر"، ومرض "البلاهة"، في حين أن الزيادة فيه تؤدي إلى مرض "جرافز أو بيسيدو" أوما يسمى مرض "جحوظ العين". والغدة الكظرية أو غدة فوق الكلية (تقع على القطب العلوي للكلية وتتركب من منطقتين مختلفتين هما النخاع والقشرة) تفرز هرمون الأدرينالين وهرمون الكورتيكوستيرون، واختلال إفراز الهرمون الثاني يؤدي إلى مرض "أديسون أو تلون الجلد والأغشية المخاطية"، والغدة النخامية (توجد في منتصف الرأس للإنسان اليافع، حيث تتدلى من السطح الأسفل للمخ وترتكز داخل جيب صغير يقع في إحدى عظام الجمجمة، وتتركب من جزئيين يطلق عليهما الفص الأمامي والفص الخلفي) تفرز هرمون التمثيل الكربوهيدراتي، وهرمون التمثيل

الدهني، وهرمون تنشيط الغدة الدرقية، وهرمون تنشيط الغدة الكظرية، وهرمون تنشيط الغدد التناسلية، وهرمون النمو، وهرمون الحمل، وهرمون الوضع، وهرمون إفراز اللبن، وهي بذلك تسيطر على نشاط جميع الغدد الصماء فوق ما تسيطر على وظائف حيوية هامة، هذا وتسبب الزيادة في إفراز الفص الأمامي من الغدة النخامية مرض (الأكرومجاليا أو تضخم الأطراف). والغدد التناسلية (الخصية في الذكر والمبيض في الأنثى) تفرز نوعين من الهرمونات، وهما الهرمونات الذكرية أو الأندروستيرون والتستوستيرون والهرمونات الأنثية أو مجموعة الإستروجينات، وتعمل الهرمونات الذكرية على ظهور الصفات الجنسية الثانوية للذكر فضلا عن ظهور نشاطه الجنسي، وتعمل الهرمونات الأنثوية على ظهور الصفات الجنسية الأساسية للأنثى فضلا عن نمو الأعضاء التناسلية الداخلية وحدوث الطمث والشعور بالميل الجنسي، ثم إعداد الرحم وتهيئته للحمل. والغدة البنكرياسية (تقع بين المعدة والاثنى عشرة)تفرز فوق الإنزيمات الهاضمة. هرمون الأنسولين الذي يتكون داخل خلايا مبعثرة في صورة كتل داخل الغدة، ويتعاون هرمون الأنسولين مع هرمون الأدرينالين (هرمون الجزء النخاعي للغدة الكظرية). وهرمونات التمثيل الكربوهيدراتي وهرمون التمثيل الدهني (من هرمونات الفص الأمامي للغدة النخامية) على تنظيم دورة المواد الكربوهيدراتية والمواد الدهنية في الجسم، فالدم يقوم في الأمعاء بامتصاص سكر الجلوكوز الناتج من هضم المواد الكربوهيدراتية ويذهب به إلى الكبد، الذي يحتجز منه الجلوكوز الزائد عن المعتاد ويحوله بواسطة إنزيمات خاصة إلى مادة الجليكوجين (النشا الحيواني) التي تظل مختزنة حتى يحتاج إليها الجسم، وإذا ما تجاوز تركيز الجلوكوز في الدم طاقة الكبد وقدرته على الاختزان قامت العضلات بمهمة تحويله إلى جليكوجين أيضا، فإذا ما تجاوزت الزيادة طاقة الكبد والعضلات معا قامت مختلف أجزاء الجسم باختزان الجلوكوز

في صورة مواد دهنية. ولما كانت خلايا الجسم دائمة النشاط فإنها تستهلك ما بها من الجلوكوز تدريجيا عن طريق الاحتراق، ثم تعوضه من جلوكوز الدم أولا، فجليكوجين الكبد، فجليكوجين العضلات، فالمواد الدهنية المختزنة في الجسم. وإن عجز الغدة البنكرياسية عن إفراز هرمون الأنسولين يؤدي إلى انعدام قدرة الإنزيمات على تحويل السكر الزائد في الدم إلى مادة الجليكوجين، كما يؤدي إلى تحول الجليكوجين المختزن في الكبد والعضلات إلى سكر يتجه إلى الدم، وينشأ عن كل ذلك نشاط الكليتين وقيامهما بإفراز السكر الزائد في الدم مع البول، ففقد الجسم لهذه المادة الغذائية، ثم إصابته بالمرض المسمى مرض السكر. ومن هذا يتبين أن دور هرمون الأنسولين هو تنشيط الإنزيمات على تحويل السكر الزائد في الدم إلى جليكوجين، أما دور هرمون الأدرينالين فهو العكس أي تنشيط الإنزيمات على تحويل الجليكوجين المختزن إلى سكر إذا هبطت نسبة هذا السكر في الدم عن حدها الطبيعي، وأما دور هرمونات التمثيل الكربوهيدراتي فهو تنشيط الغدة البنكرياسية المفرزة للأنسولين والغدة الكظرية المفرزة للأدرينالين حسبما تجده الغدة النخامية المفرزة لها من حالات السكر في الدم عند تجواله خلالها.

وإن أي اختلال في عملية احتراق المواد الكربوهيدراتية وتخزينها في الجسم يكون مصحوبًا عادة باختلال في عملية احتراق المواد الدهنية، فلا تحترق هذه المواد الأخيرة احتراقا كاملا بل تقف عند حد تكوين بعض المركبات الوسطية التي تعتبر موادا ضارة بالجسم كالأسيتون مثلا، وهي تخرج مع البول وهواء التنفس. وينظم عملية احتراق المواد الدهنية وعملية اختزانها هرمون التمثيل الدهني الذي يفرزه الفص الأمامي للغدة النخامية.

وهناك أكثر من دليل على أن النباتات الراقية تقوم بصنع بعض المواد

المنشطة للنمو، وقد أمكن استخراج هذه المواد من الأزهار والمناطق النامية، ومنها (الأوكسجين) ومشتقاته. أما مركز الهرمونات في الحيوانات والنباتات الأولية فلا يعرف عنه إلا القليل.

عناصر القوة في الميكروبات:

إن دقة الحجم التي تتميز بها الميكروبات عن غيرها من الأحياء هي أهم عنصر من عناصر قوتها، حيث تتيح لها الانتشار الواسع في الطبيعة والتسلل إلى كل مكان على وجه الأرض، وذلك بمختلف وسائل الانتقال حتى تيارات الهواء والغبار. ولكي يدرك القارئ مدى دقة حجم الميكروبات، نذكر أن حجم الخلية البكتيرية، وهي أهم الخلايا الميكروبية، يبلغ في المتوسط ميكرونا واحدا (الميكرون الطولي=1000/ 1من المليمتر)، أي أن بليون خلية بكتيرية (البليون= مليون مليون) يشغل حيزا قدره سنتيمترا مكعبا واحدا، وعلى ذلك فإن الماء الذي يحتوي السنتيمتر المكعب الواحد منه على مليون خلية بكتيرية، وهو يعتبر شديد التلوث، لا يشغل ما به من بكتيريا سوى $\frac{1}{1000,000}$ من القدر المذكور من الماء.

وهناك عناصر أخرى لا تقل في الأهمية عن عنصر دقة الحجم وهي:-

(١) التكاثر السريع بالانقسام البسيط

تتكاثر الميكروبات رئيسيا بالطريقة المعروفة بالانقسام البسيط أو الانقسام الثنائي أو الانقسام المباشر، ومعناه أن الخلية الواحدة تنتج خليتين، ثم تنتج كل خلية منهما خليتين آخرتين. وهكذا تتكرر العملية، وبسرعة كبيرة، متى توافرت المواد الغذائية وكانت الظروف المعيشية الأخرى ملائمة. ويمكن القول عموما

بأن البكتيريا، كمثل، تنقسم مرة كل ثلث أو نصف ساعة، فإذا استمر نمو البكتيريا وانقسامها بهذه السرعة لنتج من الخلية البكتيرية الواحدة بعد ٢٤ ساعة نحو ٢٨٠ بليون خلية على الوجه الآتي:–

بعد ساعة ينتج ٤ خلايا

بعد ساعتين ينتج ١٥ خلية

بعد ٣ ساعات ينتج ٦٤ خلية

بعد ٨ ساعات ينتج نحو ٦٠ ألف خلية

بعد ١٢ ساعة ينتج نحو ١٦ مليون خلية

بعد ١٨ ساعة ينتج ٦٨ مليارد (المليارد = ١٠٠٠ مليون)

بعد ٢٤ ساعة ينتج ٢٨٠ بليون (البليون = مليون مليون)

غير أن حدوث ذلك بعيد الاحتمال بل مستحيل، فهناك عوامل لا تسمح بمثل هذا التكاثر العظيم إذ أن الظروف التي تلائم نمو الميكروب وانقسامه بهذه السرعة لا تلبث أن تتغير، فنقص الغذاء وتراكم متحصلات التحول الغذائي التي ينتجها الميكروب والتضاد بينه وبين الأنواع الأخرى من الميكروبات التي تعيش معه، كل ذلك يبطئ النمو والتكاثر أو يوقفه إلى حد ما بعد وقت قصير.

(٢) التكاثر الخصب بطرق أخرى

يمكن للميكروبات أن تتكاثر بطرق أخرى فضلا عن طريقة الانقسام البسيط، فيمكن لأنواع الطحالب والعفن أن تتكاثر خضريا متى انفصلت أجسامها الخيطية إلى عدة أجزاء، ثم وجدت بيئة صالحة فينمو كل جزء منها مكونا خيطا جديدا. ويمكن لأنواع العفن أن تتكاثر بالجراثيم اللاتزواجية متى

تكونت على حواملها الرأسية، ونضجت، وانتشرت في الهواء ثم سقطت في بيئة ملائمة، فتنمو كل جرثومة مكونة عفنا جديدا. ويمكن للخميرة أن تسلك نفس الطريق، فتكون الخلية الواحدة منها، متى عانت قلة الغذاء أو جفاف الماء، أربعة جراثيم تظل داخل الجدار الأصلي للخلية إلى أن يتصدع، وعندئذ تتحرر وتنتشر في الهواء. ويمكن لبعض أنواع العفن أن تتكاثر بالجراثيم التزاوجية كوسيلة لمواجهة أية ظروف سيئة محتملة الوقوع. ويمكن للأميبا، إذا ما قل الغذاء أو جف الماء، أن تتكاثر بالانقسام المتضاعف، حيث تنقسم نواتها إلى عدة مرات بعد أن تكون قد أفرزت حول نفسها غلافا سميكا على شكل كيس أو حوصلة، ثم يتجمع حول كل نواة من الأنوية الجديدة جزء من السيتوبلازم، وعند ذوبان الحوصلة يخرج كل جزء على هيئة أميبا صغيرة تبدأ الحياة فورا من جديد.

(٣) التغذية المتعددة المصادر والتنفس المتنوع

سبق القول بأن هناك طائفتين من الميكروبات من ناحية التغذية: طائفة تستخدم غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء الجوي كمصدر وحيد للكربون اللازم لتكوين المواد الكربوهيدراتية في أجسامها، ومنها الحيوانات والنباتات الأولية الحاملة للمادة الخضراء أو الكلوروفيل، ومنها البكتيريا التي تؤكسد بعض العناصر أو المواد غير العضوية في سبيل الحصول على الطاقة اللازمة لها، كالبكتيريا التي تؤكسد الكبريت والأيدروجين المكبرت وأول أكسيد الكربون وأملاح النشادر والآزوتيت والحديدوز. وطائفة تستخدم المواد العضوية كمصدر للكربون اللازم لتكوين المواد الكربوهيداتية في أجسامها مع الحصول منها على الطاقة في نفس الوقت، وهذه الطائفة إما أن تكون رمية أي تعيش على المواد العضوية الميتة، وإما أن تكون طفيلية أي تعيش على المواد العضوية الحية.

كما سبق القول بأن هناك طائفتين من الميكروبات من ناحية التنفس: طائفة تستخدم الأكسجين المطلق أو بمعنى آخر أكسجين الهواء الجوي، ومنها الحيوانات الأولية والطحالب والعفن وبعض الخمائر وأنواع البكتيريا المؤكسدة للمواد غير العضوية والعضوية، وطائفة تستخدم الأكسجين المتحد أو بعبارة أخرى الأكسجين الداخل في تركيب المواد غير العضوية والعضوية، وذلك بعد أن تستخلصه بالاختزال في حالة المواد غير العضوية أو بإحداث تغيير في ترتيب الذرات داخل الجزيء في حالة المواد العضوية، ومنها أنواع تنتسب إلى الخمائر والبكتيريا، وذلك التعدد في مصادر التغذية والتنوع في التنفس له أهمية كبيرة في الطبيعة، فكلاهما يحقق دورات العناصر، فالكربون والآزوت وغيرهما من العناصر التي تتألف منها المواد العضوية التي توجد حاليا في الطبيعة هي بذاتها التي دخلت في تركيب هذه المواد منذ آلاف السنين، وهي نفسها التي ستدخل في تركيبها مستقبلا، حيث لا يمكن أن يصيب هذه العناصر شيئا من النقص أو الزيادة. وبناء المواد العضوية هو رئيسيا من عمل النباتات فضلا عن الأحياء الأخرى الحاملة للكلوروفيل، وهدمها هو رئيسا من عمل الميكروبات فضلا عن الحيوانات الراقية، وتناوب البناء والهدم هو في الواقع أساس استمرار الحياة على وجه الأرض.

(٤) الكفاح الذاتي في سبيل البقاء

تملك أنواع من الميكروبات الكثير من وسائل الكفاح، سواء ضد قسوة الطبيعة أو ضد عائلة منافسيها وأعدائها من الميكروبات الأخرى أو ضد صراع الإنسان معها، ومن هذه الوسائل:

(أ) **التكيس أو التحوصل**، وذلك بأن يتكون حول الميكروبات غشاء سميك على شكل كيس أو حوصلة، ثم يتحول الميكروب داخل هذا الغشاء إلى خلية

ساكنة حتى تزول الظروف السيئة، كما هو الحال في بعض أنواع البروتوزوا والبكتيريا.

(ب) **التجرثم**، وذلك بأن تظهر حبيبات خاصة داخل الميكروب، ثم يتكاتف البروتوبلازم المجاور لهذه الحبيبات ويحيط نفسه بجدار مميز مكونا ما يعرف بالجرثومة، وعموما يتحلل جدار الميكروب المحتوي على الجرثومة ويتلاشى باقي البروتوبلام وتنفرد الجرثومة وتبقي كذلك إلى أن تنبت، كما هو الحال في بعض أنواع البكتيريا العضوية الشكل. وتختلف عادة أشكال الجراثيم وأحجامها وموضعها في الخلية البكتيرية باختلاف أنواع البكتيريا التي تنتجها، وشكل وحجم وموضع الجرثومة ثابت غالبا في النوع الواحد، ولهذا كان لتكوين الجراثيم أهمية كبير في تمييز أنواع البكتيريا. ولا تعتبر الجراثيم من طرق تكاثر البكتيريا، فالخلية المتجرثمه لا تنتج سوى جرثومة واحدة، وهذا بخلاف الفطر الذي ينتج عددا كبيرا من الجراثيم. والواقع أن الجراثيم وإن كانت تهيء للبكتيريا التي تنتجها حالة تمكنها من مقاومة الظروف السيئة إلا أنه ليس من الضروري أن يصادف البكتيريا مثل هذه الظروف كي تكون الجراثيم، ومن هذا يظهر أن تكوين الجراثيم هو دور من أدوار حياة البكتيريا.

(ج) **إفراز المواد المضادة**، لكثير من الميكروبات القدرة على إفراز مواد توقف نمو الميكروبات الأخرى أو تقضي عليها، ومن المواد التي تسمى (المضادات الحيوية) كالبنسلين والستربتومايسين والأوريومايسين والترمايسين. وإن إفراز هذه المواد ليس هو المظهر الوحيد من مظاهر التنافس بين الميكروبات في الطبيعة، فالتكالب على المواد الغذائية المشتركة، وتراكم متحصلات التحول الغذائي، والافتراس كما هو الحال في البروتوزوا التي تلتهم

الكائنات الدقيقة الأخرى، والتطفل كما هو الحال في الفيروس (الفاج) الذي يقضي على البكتيريا. كلها من مظاهر التنافس بين الميكروبات في الطبيعة. والتنافس بين بعض الميكروبات له أهمية، فهو يحقق التوازن وبالتالي دورات العناصر فيها، ولو أن التعاون بين البعض الآخر له نفس الأهمية، فإفراز المواد المنشطة للنمو وتحويل المركبات العضوية من صورة معقدة إلى صورة بسيطة سهلة المنال، وهدم المواد المضادة ومحو تأثيرها الضار، كلها من مظاهر التعاون بين الميكروبات في الطبيعة، وإن كان لا يخرج عن كونه نفعا من جهة واحدة فقط.

(د) **تكوين الطفرات**، من الثابت أن بعض الطفرات تنشأ خلال الانقسام المتتابع للخلية الميكروبية، ويكون لها من الصفات ما يختلف عن صفات الخلية الأصلية أو عما أنتجته من أفراد اخرى. ويعزى هذا الاختلاف إلى وقوع تغيرات في المادة الوراثية للخلية أو فيما يسمى (الجينات)، وذلك إما عن طريق تطور أو فقد يصيب إحداها، وإما عن طريق (جينات) جديدة بفعل اتحاد جنسي يحدث بين الخلايا أو بفعل انتقال المادة الوراثية من خلية إلى أخرى. وإن نشوء الطفرات يتيح للميكروبات الكفاح في سبيل البقاء فقد يكون لهذه الطفرات خصائص المقاومة لعامل أو أكثر من العوامل الضارة.

وسائل دراسة الميكروبات:

قد يكون من الضروري، قبل أن نطرق الأبواب الرئيسية لهذا الكتاب، أن نذكر بعض الأساسيات في دراسة الميكروبات كما يلي:-

(١) **البيئات المزرعية**، تعرف كل مادة تستخدم معمليا لتنمية الميكروب

وحفظه، أو لدراسة تأثيره في بعض المواد، أو لتشجيعه على تكوين بعض المنتجات بالبيئة المزرعية. ومن الضروري أن تحتوي هذه البيئة على جميع الاحتياجات الغذائية للميكروب المشابهة للمواد التي يعيش عليها في الطبيعة، فضلا عن المواد المنشطة لنموه مع ملائمتها له من حيث الرطوبة والضغط الإسموزي والجذب السطحي ودرجة تركيز أيون الأيدروجين وقوة التأكسد والاختزال.

والبيئات المزرعية نوعان:

(أ) **البيئات الطبيعية** وهي ما احتوت على الأنسجة الحية أو مستخلصاتها، أو على الدم الكامل أو مصل الدم، او على اللبن الكامل واللبن الفرز، أو على البطاطس والجزر مثلا، وتستخدم بيئات الأنسجة أو مستخلصاتها والدم الكامل أو مصل الدم لتنمية الميكروبات المرضية وعلى الأخص الفيروسات والريكتزيا الطفيلية حتما.

(ب) **البيئات الصناعية**، وهي ما احتوت على بعض المواد العضوية وغير العضوية، وقد تكون سائلة أو تحول إلى صورة قابلة للتصلب بمجرد أن تبرد، وذلك بإضافة مادة (الآجار) أو (الجيلاتين)، وتستخدمها البيئات لتنمية الميكروبات العادية.

(٢) **التعقيم**، التعقيم هو عملية تهدف إلى قتل كل ما يتعلق بالأجهزة والأدوات والأواني والبيئات المزرعية من ميكروبات حية سواء كانت على الحالة الخضرية أو الجراثيم، وذلك عند دراسة ميكروبات معينة. وللتعقيم أربع طرق:

(أ) **التعقيم بالحرارة الجافة**، وقد يكون **باللهب** (لهب غاز الاستصباح أو البيوتاجاز- مصباح بنزن)، ويصلح لتعقيم الأدوات التي يمكن تعريضها له إلى درجة الاحمرار أو التي يمكن إمرارها فيه لعدة مرات، كإبر التلقيح المستقيمة وذات العقدة والشرائح الزجاجية وأغطيتها والمشارط (تغمس أسلحة المشارط عادة في الكحول وتعرض للهب وتكرر العملية عدة مرات) وأفواه أنابيب الاختبار والدوارق الزجاجية.. إلخ. وقد يكون بالهواء الساخن (هواء فرن كهربائي له منظم حراري- معقم بالهواء الساخن)، ويصلح لتعقيم الأدوات الزجاجية والأطباق الزجاجية ذات الغطاء (أطباق بتري) وزجاجات العينات، وكذلك الماصات وأنابيب الاختبار والدوارق بعد سدها بأغطية قطنية، ويجري التعقيم عادة على درجة ١٦٠- ١٨٠م لمدة ساعتين إلى ثلاث ساعات.

(ب) **التعقيم بالحرارة الرطبة**، وقد يكون بالبخار على درجة ١٠٠°م (بخار جهاز له منظم حراري- معقم بالبخار)، ويصلح لتعقيم البيئات المزرعية التي يخشى من تحلل بعض المواد الداخلة في تركيبها عند استعمال درجة حرارة عالية، ويجري التعقيم عادة بتعريض هذه البيئات للبخار في ثلاثة أيام متعاقبة لمدة ٢٠- ٣٠ دقيقة يوميا، والتعقيم بهذه الطريقة يقضي على جميع الخلايا الخضرية في اليوم الأول، كما يقضي على الجراثيم في اليومين التاليين بعد أن تكون قد نبتت. وقد يكون بالبخار تحت ضغط (بخار جهاز له مقياس ضغط- أوتوكلاف)، ويصلح لتعقيم معظم البيئات وكذلك جميع الأدوات والعلب والأكياس المعبأة، ويجري التعقيم عادة على ضغطين جويين قدرهما ٣٠ رطلا على البوصة المربعة لمدة ١٥- ٣٠ دقيقة أو أكثر في بعض الحالات ونظرية الأوتوكلاف مبنية على أن الماء

يغلي على درجة ١٠٠°م عندما يكون الضغط الواقع عليه مساويا للضغط الجوي المحيط به (ضغط جوي واحد أي ١٥ رطلا على البوصة المربعة)، فإذا ما زاد الضغط داخل إناء مقفل فإن درجة غليان الماء ترتفع إلى أكثر من ١٠٠°م حيث تصل إلى ١١٥°م عندما يكون الضغط ٢٣ رطلا على البوصة المربعة (ضغط جوي ونصف)، وتصل إلى ١٢٠°م عندما يكون الضغط ٣٠ رطلا على البوصة المربعة (ضغطين جويين). والضغط الذي يبينه الأوتوكلاف هو ضغط ظاهري حيث أن الصفر المبين على مقياس الضغط يساوي ضغطا جويا واحدا، وعلى ذلك فالضغط الحقيقي يساوي الظاهري مضافا إليه ضغط جوي واحدا، أي أن التعقيم المشار إليه يجري على ضغط جوي ظاهري واحد.

(ج) **التعقيم بالمواد الكيميائية**، ويصلح لتطهير الأيدي وسطوح المناضد وغير ذلك، ومن المواد المناسبة محلول ٥% من الفينول (حامض الكربوليك) ومحلول ٠,١% كلوريد الزئبقيك (محلول السليماني).

(د) **التعقيم بالترشيح**، ويصلح لتعقيم السوائل والبيئات السائلة، وذلك في مرشحات خاصة لا تسمح للميكروبات بالمرور فيما عدا الفيروسات، ومنها مرشح (تشمبر لند) (أسطوانة من الخزف غير المصقول)، ومرشح (بركفلد) (أسطوانة من أغلفة الدياتوما)، ومرشح (زيتس) (أقراص أسبستوس)، وتعقم المرشحات في الأوتوكلاف بعد تركيبها في الأجهزة الخاصة بها وكذلك الأواني التي تستقبل السوائل بعد ترشيحها، وذلك على درجة ١٢٠ م لمدة ٣٠- ٦٠ دقيقة.

هذا ومن الطبيعي أن تسد فوهات الأنابيب والزجاجات والدوارق.. إلخ بالقطن، وأن توضع أطباق بتري والماصات في علب أسطوانية من النحاس،

وذلك قبل التعقيم، ومن الطبيعي أن تتخذ الاحتياطات الكفيلة بعدم تلوث الأدوات مرة أخرى بعد تعقيمها.

(٣) **عزل المزارع النقية**، لكي تدرس أنواع الميكروبات ينبغي أن تعزل أولا بحالة نقية، ويتبع لهذا الغرض أربع طرق:

(أ)**طريقة التنشيط**، وتعتبر خطوة تمهيدية في سبيل عزل ميكروبات معينة من بعض المواد (تربة، ماء، لبن.. إلخ) أو من مزرعة مختلطة، وأساسها هو تلقيح بيئة سائلة مناسبة من المادة أو المزرعة المختلطة حتى يتاح لهذه الميكروبات المعينة الغلبة عدديا على غيرها بعد انقضاء فترة كافية من النمو.

(ب) **طريقة التخفيف**، وأساسها هو إجراء تخفيفات متوالية في البيئة المناسبة، وذلك من المادة أو المزرعة المختلطة مباشرة أو بعد إتباع طريقة التنشيط، حيث تتيح آخر هذه التخفيفات للميكروب المراد عزله الغلبة عدديا على غيره من الميكروبات بعد انقضاء فترة كافية من النمو في البيئة.

(ج) **طريقة العزل من المستعمرات**، وأساسها هو توزيع الأنواع المختلطة من الميكروبات بحالة مخففة في بيئة سائلة تحتوي على مادة الجيلاتين أو الآجار، فمتى صب المزيج في طبق بتري ثم تصلب بقيت كل خلية خضرية أو جرثومة في موضعها، حيث تنمو وتتكاثر وتعطي كتلة مرئية بالعين المجردة تعرف بالمجموعة أو المستعمرة. ومن المحتمل أن تنشأ المستعمرة الواحدة عن عدد ما من الخلايا الخضرية أو الجراثيم، وعلى الأخص إذا كانت المستعمرات غير متباعدة، ولهذا يلجأ إلى إحدى طريقتين للحصول على مستعمرة نقية تماما، وفي الطريقة الأولى ينقل جزء من إحدى المستعمرات إلى بيئة سائلة مناسبة لينمو الميكروب جيدا، ثم بواسطة إبرة

ذات عقدة– يعلق بها جزء من البيئة– تعمل خطوط متوازية على سطح بيئة الآجار أو الجيلاتين في طبق بتري، وتترك في محضن على درجة حرارة ملائمة كي تنمو الميكروبات وتعطي مستعمرات منفصلة. ومن الواضح أن الغرض من التخطيط هو تخفيف أو تقليل عدد الميكروبات العالقة بالإبرة كلما طال التخطيط. وفي الطريقة الثانية تجري عدة تخفيفات من المعلق بالإبرة ذات العقدة، وذلك في بيئات سائلة مضافا إليها الآجار أو الجلاتين، ثم صب هذه البيئات في أطباق بتري، ومن المنتظر بعد انقضاء فترة كافية أن تظهر مستعمرات منفصلة تمثل كل منها خلية ميكروبية واحدة وعلى الأخص في حالة التخفيفات العالية.

(د) **طريقة الخلية المفردة**، وهي أفضل الطرق ولو أنها أكثرها صعوبة، وأساسها هو الحصول أولا على مزرعة نقية قدر المستطاع من الميكروب بإحدى الطرق السابقة، ويبدأ بأخذ معلق من البيئة السائلة النامي بها الميكروب ووضعه على غطاء شريحة زجاجية، ثم يثبت هذا الغطاء وهو مقلوب فيما يسمى (الغرفة الرطبة) التي تحفظ المعلق من الجفاف، ومكانها هو مسرح الميكروسكوب، وبالنظر إلى الميكروسكوب يمكن بواسط ماصة دقيقة معقمة سحب خلية أو جرثومة مفردة، ثم نقلها إلى نقطة صغيرة من بيئة مناسبة موضوعة على غطاء شريحة زجاجية، وبعد ذلك يوضع غطاء الشريحة على شريحة زجاجية ذات فجوة بطريقة خاصة، ثم ينقل الجميع إلى محضن على درجة حرارة مناسبة، ومتى نمت الخلية أو الجرثومة المفردة فإن ناتج النمو في النقطة الصغيرة من البيئة ينقل إلى أنبوبة اختبار بها بيئة مناسبة لينمو الميكروب في حالة نقية.

(٤) **زرع الميكروبات النقية وحفظها**، بعد عزل الميكروبات في صورة نقية يمكن زرعها وحفظها في بيئات مناسبة بعدة طرق، ولعل أكثرها شيوعا هو استخدام البيئات وإتاحة الوقت للميكروبات كي تنمو فيها أو عليها إلى أقصى حد ثابت، ثم تخزينها في أجهزة تبريد أو على درجة حرارة الغرفة. ويتحتم عند اتباع هذه الطريقة نقل المزارع بين وقت وآخر حتى تستمر حية ودون تلوث. وهناك طريقة ثانية لحفظ المزارع، وهي تجميد المزارع النقية الصغيرة العمر ثم تجفيفها تحت تفريغ، ويمكن أن تعيش مثل هذه المزارع مدة أطول من الوقت إذا خلطت قبل التجميد والتجفيف بمصل الدم أو اللبن الفرز أو بمزيج منهما. وهناك طريقة ثالثة تصلح لحفظ البكتيريا المتجرثمة، وهي زرعها أولا في بيئة مناسبة لتكوين الجراثيم، ثم ينقل معلق منها إلى أنابيب اختبار بها تربة معقمة حيث تبقى الجراثيم ساكنة لمدة طويلة من الوقت.

هذا وعند عزل المزارع النقية الخاصة بالبكتيريا اللاهوائية أو عند زرعها أو حفظها تتبع نفس الطرق السابقة مع إزالة أكسجين الهواء الجوي من أنابيب الاختبار أو أطباق بتري بإحدى الطرق المناسبة، كتفريغ الهواء أو إحلال غاز الأيدروجين أو الآزوت محله، وكإزالة الأكسجين بإضافة حامض البيروجاليك وأيدروكسيد الصوديوم أو باستنبات بعض الحبوب. غير أنه يمكن تحقيق الظروف اللاهوائية دون الحاجة إلى إزالة أكسجين الهواء، وذلك باستخدام بيئات تحتوي على مواد كيميائية مناسبة قابلة للتأكسد مع المواد القابلة للاختزال التي يمكن للبكتيريا استخدامها في عمليات التحول الغذائي.

(٥) **استخدام الميكروسكوبات**، تستخدم الميكروسكوبات لفحص الميكروبات بوصفها أجسام لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، ويتكون

الميكروسكوب العادي من:

(أ) **الأجزاء الآلية**، وتشمل القدم كقاعدة للميكروسكوب، والمفصل لإمالته عند الحاجة، والمسرح الذي توضع عليه الشرائح الزجاجية الحاملة للميكروبات في صورة حية غير مصبوغة أو في صورة ميتة مصبوغة والذراع الذي يحمل الميكروسكوب، والأنبوبة التي يثبت في طرفها العلوي العدسة العينية وفي طرفها السفلي العدسة الشيئية، والمعدلين التقريبي والدقيق اللذين يستخدمان في تحريك الأنبوبة إلى أعلى أو أسفل بغرض ضبط الرؤية.

(ب) **الأجزاء البصرية**، وتشمل :

(١) **العدسة العينية** التي تسمح بتكبير صورة المرئي الناتجة من العدسة الشيئية، وهي تتركب من عدستين مثبتتين في طرفي أسطوانة معدنية والسفلى منهما هي (العدسة المجمعة) التي تجمع خيوط الضوء المنبعثة من الشيئية وتوصلها إلى (عدسة العين) العليا ومنها إلى عين الفاحص. وللميكروسكوب في العادة عدستان عينيتان من هذا النوع ولكل منهما قوة تكبير خاصة لصورة المرئي.

(٢) **العدسة الشيئية** التي تسمح بتكوين صورة حقيقية معكوسة ومكبرة للمرئي وهي تتركب من عدستين أو ثلاث أو أربع عدسات مثبتة في أسطوانات نحاسية متداخلة في بعضها، وللميكروسكوب في العادة ثلاث عدسات شيئية تختلف كل منهما عن الأخرى في بعدها البؤري وفي طريقة استعمالها، فالعدسة الشيئية المنخفضة القوة ذات بعد بؤري قدره ١٦,٢ ملليمتر، وتستعمل جافة لفحص المستعمرات البكتيرية على

أطباق بتري وكذلك فحص هيفات الفطر، والعدسة الشيئية المرتفعة القوة ذات بعد بؤري قدره ٣,٢ ملليمتر، وتستعمل جافة لفحص الخميرة وحركة البكتيريا، والعدسة الشيئية المنغمسة في الزيت ذات بعد بؤري قدره ١,٨ ملليمتر، وتستعمل مع وضع نقطة من زيت يعرف (بزيت السيدر) بينها وبين الشريحة الزجاجية التي تستخدم في الفحص الميكروسكوبي للميكروبات المصبوغة بصبغات خاصة.

(٣) **المكثف** الذي يجمع الأشعة الضوئية المرسلة من المرآة لإضاءة المرئي، ويوجد بأسفل الفتحة الواقعة في وسط المسرح، ويتركب من عدستين مثبتتين في أسطوانة نحاسية، والعليا منها محدبة السطح والسفلى محدبة الوجهين. ومن الممكن تحريك المكثف إلى أعلى أو أسفل بواسطة معدل خاص بغرض تنظيم كمية الضوء التي تنفذ إلى المرئي.

(٤) **الحجاب** الذي يضبط الأشعة الضوئية التي تنفذ من المرآة إلى المكثف، ويتركب من عدة صفائح رقيقة من الصلب هلالية الشكل، ومن الممكن فتحه وقفله عند الحاجة بمحرك خاص.

(٥) **المرآة** التي تعكس الضوء على المرئي إما مباشرة أو بعد مروره في المكثف، وهي ذات وجهين: أحدهما مسطح والآخر مقعر مثبتة تحت المكثف على حامل بحيث يمكن تحريكها في أي اتجاه.

وهناك أنواع من المكثفات تسمح بإضاءة المرئيات فقط دون المجال (الحقل) الذي توجد فيه، كما أن هناك نظاما ضوئيا في بعض الميكروسكوبات يرجع إلى استخدام مكثفات وعدسات شيئية من نوع خاص، ويسمح بفحص الخلايا فحصا دقيقا وهي حية أي دون الحاجة إلى صبغها.

وتبلغ أقصى قوة تكبير للميكروسكوب المركب ما بين ١,٠٠٠ و ٢,٠٠٠ مرة، أما قوة التكبير في الميكروسكوب الإلكتروني فتتراوح بين ١٠,٠٠٠ و ٨٠,٠٠٠ مرة حيث تستخدم فيه الأشعة الإلكترونية بدلا من الأشعة الضوئية، كما تستخدم فيه المغناطيسيات بدلا من العدسات. وترجع قوة التكبير الهائلة في الميكروسكوب الإلكتروني إلى أن للأشعة الإلكترونية قوة توضيح أكبر مما للأشعة الضوئية، بسبب قصر طول موجاتها. ولما كانت الأشعة الإلكترونية غير مرئية فإنه يلجأ إلى تكوين الصورة منها على لوح فوتوجرافي حساس لها، أو على مرآة خاصة كما هو الحال في صور أشعة إكس.

(٦) **تحديد صفات الميكروبات**، هناك أربع صفات للميكروبات ينبغي تحديدها وهي:

(أ)**الصفات المورفولوجية**، وتشمل شكل الميكروب ونظام تجمعه (كروي منفرد، كروي عنقودي، كروي في سلاسل، كروي في مكعبات، عصوي منفرد، عصوي زوجي، عصوي في سلاسل، ضمي، بريمي، خيطي، متفرع)، وتحركه (متحرك، غير متحرك)، وطريقة تكاثره، وتكوين وإنبات جراثيمه إذا كان من النوع المتجرثم (جراثيم وسطية، جراثيم طرفية، جراثيم وسطية مع انتفاخ الخلية في موضع تكوينها، جراثيم طرفية مع انتفاخ الخلية في موضع تكوينها، إنبات طرفي، إنبات جانبي، إنبات منحرف)، وتركيبه الداخلي (وجود الحبيبات، وجود الفجوات)، وفلاجاته (عديم الفلاجات، فلاجلوم واحد طرفي، خصلة من الفلاجات على أحد الطرفين، فلاجات منتشرة على الخلية)، وأغلفته، وتأثره ببعض الصبغات الخاصة.. إلخ.

وتحدد الصفات المورفولوجية عموما بإجراء اختبارين هما اختبار الخلايا الحية غير المصبوغة واختبار الخلايا الميتة المصبوغة، وفي الاختيار الأول يحضر ما

يعرف بالنقطة المعلقة، وذلك بأن توضع نقطة من المزرعة السائلة للميكروب على غطاء شريحة زجاجية تحتوي أركانها أو ركنان منها على قليل من الفازلين، ثم توضع شريحة زجاجية ذات فجوة وسطية على غطاء الشريحة باحتراس لتلتصق بها، وعندئذ تقلب وتوضع على مسرح الميكروسكوب وتفحص بالعدسة الشيئية المرتفعة القوة. وقد تستبدل هذه الطريقة بأخرى مماثلة لها بأن توضع نقطة من المزرعة على شريحة زجاجية ثم تغطى بغطاء شريحة، ويمنع التبخير بإحاطة الغطاء بالفازلين. وهناك طريقة تصلح لدراسة التكاثر وتكوين الجراثيم وإنباتها، وتتلخص في وضع كمية من بيئة آجار وهي نصف متجمدة في الفجوة الوسطية لشريحة زجاجية، ثم تلقيح سطحها بعد تجمدها تماما بالميكروب على أن يتم الفحص بعد فترة حضانة مناسبة. وفي الاختبار الثاني يحضر ما يعرف بالغشاء المصبوغ، وذلك بأن توضع نقطة ماء في وسط شريحة زجاجية، ثم يمزج بها ما يعلق بإبرة ذات عقدة من مزرعة الميكروب مع نشر المزيج على مساحة قدرها نحو سنتيمتر مربع واحد من الشريحة، وبعدئذ يجفف المعلق بمسك الشريحة في مستوى يعلو على لهب ضعيف بمقدار نحو ٢٠ سنتيمتراً، ثم يثبت الغشاء المتكون بتمرير الشريحة في اللهب ثلاث مرات وبعد أن تبرد الشريحة يصبغ الغشاء بإحدى الصبغات المناسبة (صبغة الفوكسين القاعدي، صبغة كاربول الفوكسين، صبغة الجنسيان البنفسجي، صبغة الميثيلين الأزرق، وغير ذلك من صبغات الأنيلين القاعدية المعروفة) وهناك طرق خاصة لصبغ الجراثيم والفلاجات والأغلفة كما أن هناك طرقا خاصة للتمييز بين أنواع الميكروبات كالصبغ بطريقة جرام والصبغ بطريقة زيهل نيلسن.

(ب) الصفات المزارعية، وتشمل:

(١) صفات المستعمرات السطحية على أطباق الآجار (الحجم- الشكل:

دائري، إهليجي، مغزلي، مثلث الأقسام، قوقعي، غير منتظم، وردي، جذري، خيطي- الارتفاع بالنسبة إلى سطح البيئة: مسطح، مرتفع، مدرج، محدب، شبيه بقطرة الماء- المميزات المرئية: اللون، معتم، شفاف- السطح: ناعم، خشن، براق، مظلم، رطب، جاف، شعاعي، ذو مناطق دائرية- الحافة: كاملة، متموجة، ممزقة، هدبية).

(٢)صفات النمو على مزارع الآجار المائل (اللون- اللمعان- القوام- الشفافية- لون البيئة- ماء التكثف: التعكير، وجود غشاوة على سطحه).

(٣) صفات النمو على المزارع السائلة (سطحي اللون، السمك، حلقة، غشاء جلدي- داخلي: نمو متجمع، نمو متجانس- راسب: متجانس الانتشار بالرج، تجمع للخلايا بالرج- كتله لزجة).

(٤) صفات النمو على مزارع الجيلاتين الملقح بالوخز (سطحي- داخلي: خيطي، محبب، ذو نتؤات وبرية- السيولة).

(جـ) الصفات الفسيولوجية، وتشمل:

(١) تأثير البيئة في الميكروبات (الغذاء: كميته، نوعه- الرطوبة والضغط الإسموزي والجذب السطحي- الحرارة: الصغرى، المثلى، العظمى- الحاجة إلى الأكسجين المطلق وحالة التأكسد والاختزال في البيئة- درجة تركيز أيدروجين- تأثير المواد المطهرة والمبيدة).

(٢) تأثير الميكروبات في البيئة، ويتضمن جميع التغيرات الطبيعية والكيميائية التي تحدث بفعل الإنزيمات الخارجية التي تفرزها الميكروبات وتساعد على

الانحلال المائي للمواد العضوية المعقدة نسبيا، أو بفعل عمليات التنفس، أو بفعل النشاط البنائي العام. وفيما يلي أهم الدراسات التي تكشف عن تأثير الميكروبات في البيئة:

(أولا) دراسة قدرة الميكروبات على إفراز بعض الإنزيمات الخارجية، وتشمل القدرة على تحليل السليولوز والهيسليولوز والبكتين والصموغ والنشا وغير ذلك من السكريات العديدة والثنائية التسكر، كما تشمل القدرة على تحليل البروتينات كالكازين والألبيومين والجلوبيولين والجيلاتين، وكذلك الدهون والزيوت.

(ثانيا) دراسة قدرة الميكروبات على استخدام المركبات العضوية غير الآزوتية البسيطة والكحولات والأحماض العضوية، وذلك في عمليات التنفس، وتشمل هذه الدراسة مدى استهلاك مثل هذه المركبات من البيئة وارتباطه بالنمو، كما تشمل الكشف عن نواتج التنفس كالأحماض والكحولات والألديهيدات والكيتونات والغازات وغيرها.

(ثالثا) دراسة قدرة الميكروبات على استخدام المركبات العضوية الآزوتية البسطية التركيب نسبيا، وتشمل:

(أ) تثبيت آزوت الهواء الجوي كمصدر وحيد للغذاء الآزوتي.

(ب) التأزت أو بعبارة أخرى أكسدة أملاح النشادر إلى أملاح آزوتيت وأكسدة أملاح الآزوتيت إلى أملاح آزوتات.

(ج) استخدام أملاح الآزوتات كمصدر وحيد للغذاء الآزوتي.

(د) اختزال أملاح الآزوتات إلى أملاح آزوتيت.

(هـ) عكس التأزت أو بعبارة أخرى اختزال أملاح الآزوتات مع تكون آزوت غازي منفرد.

(و) استخدام بعض الأحماض الأمينية كمصدر وحيد للغذاء الآزوتي.

(ز) تكوين بعض الحاصلات الثانوية من المواد العضوية الآزوتية مثل الأمونيا وكبريتور الأيدروجين والإندول والإسكاتول والأمينات والتوكسينات.

(رابعا) دراسة مدى استخدام الكبريت المنفرد أو المواد غير العضوية المحتوية على الكبريت، وتشمل:

(أ) أكسدة الكبريت المنفرد إلى حامض كبريتيك.

(ب) أكسدة غاز كبريتور الأيدروجين إلى كبريت منفرد أو حامض كبريتيك.

(جـ) استخدام الكبريتات كمصدر وحيد الكبريت.

(د) اختزال الكبريتات مع تكوين غاز كبرتور الأيدروجين.

(خامسا) دراسة القدرة على اختزال بعض الصبغات كالميثيلين الأزرق وعباد الشمس.

(سادسا) دراسة القدرة على إنتاج بعض إنزيمات معينة كإنزيم الكاتاليز.

(د) الصفات المرضية للنباتات أو الحيوانات:

وتشمل القدرة على إحداث أمراض معينة في النباتات أو الحيوانات بما في ذلك الإنسان. وهناك طرق خاصة لدراسة هذه الصفات لا مجال لذكرها هنا.

ملحوظة: إن المقصود بكلمة (الميكروبات فيما سبق ذكره من وسائل دراستها هو (البكتيريا) التي تعتبر من أهم طوائفها على الإطلاق، غير أن هذه الوسائل تمتد مع شيء من التحوير المناسب إلى دراسة العفن والخمائر والأكتيتو ما يسيتس والطحالب. أما وسائل دراسة الحيوانات الأولية فتتلخص في:

(أ) **تخضير المزارع**، وذلك بأن تغلى كمية من القش أو الدريس أو القمح أو الأرز في الماء، ويلقح المزيج -كما هو أو بعد ترشيحه- بقليل من التربة أو الماء الراكد، ويترك في مكان دافئ لبضعة أيام.

(ب) **الفحص الميكروسكوبي**، وذلك بأن تتبع طريقة النقطة المعلقة مع تعويق حركة الحيوان بإضافة قليل من الصمغ السائل الشفاف أو الجيلاتين إلى قطرة الماء المأخوذة للفحص، هذا ويضاف محلول اليود المخفف إذا أريد الكشف عن التركيب الدقيق للحيوان.

الباب الثاني

الميكروبات والزراعة

يرجح كثيرون من العلماء أن الأرض كانت –منذ ملايين عديدة من السنين– قطعة من الشمس وانفصلت عنها في صورة كتلة غازية ملتهبة، ثم أخذت تتباعد، وتتحول شيئًا فشيئًا إلى كرة سائلة تغلي وتضطرم وتنفث البخار. وبذلك تراكمت فوقها السحب الكثيفة، وتساقطت عليها الأمطار الغزيرة، وبرد غلافها الخارجي وتجمد. ثم انتابها –بشكل مخيفولأجيال طويلة– العواصف الطاغية، والسيول العارمة والانفجارات البركانية المروعة والزلازل العنيفة المدمرة. فظهرت القارات، والجبال والوديان، والأنهار والمحيطات والبحار. وهكذا تكونت الأرض كما عهدها السابقون لنا أو كما نعهدها نحن الآن. ولكن كيف بدأت الحياة؟ وكيف تنوعت وتطورت؟

من المرجح أن النباتات كانت أسبق ما ظهر من معالم الحياة على الأرض دون أن يكون للإنسان دخل فيها، فالحيوانات، ومنها الإنسان، لم تكن لتستطيع أن تبدأ الحياة بلا نباتات، أو بمعنى آخر بلا غذاء. ومن المرجح كذلك أن الحياة النباتية فالحياة الحيوانية بدأت في أبسط صورها، ثم تنوعت وتطورت بتأثير البيئة والانتخاب الطبيعي. وعندما ظهر الإنسان لأول مرة على وجه الأرض أخذ يقتات بما يجده أمامه من نباتات برية مستساغة الجذور والسيقان والثمار، كما أخذ يقتات على ما يقتنصه من حيوانات أو ما يصيده من أسماك. ولما وجد أن قنصه وصيده لا يكفيه فكر بغريزة حب البقاء في أن يستأنس

الحيوانات، وأن يخرج بها إلى مواطن الرعي حيث توجد الحشائش والمروج الخضراء. ثم رغب في التوطن والاستقرار فولى وجهه شطر الزراعة يستثمر مياه الأمطار فمياه القنوات في استنبات البذور بالأرض، كي تنمو وتعطي له ولحيواناته ما يكفي من غذاء. واستغرق ذلك الانتقال من عصر القنص والصيد إلى عصر الرعي فعصر الزراعة آلاف السنين، ثم بدأت تظهر الحضارات البشرية حول الأنهار والأراضي الخصبة، فكانت الحضارة المصرية، والحضارة البابلية، والحضارة الصينية. وفي خلال ما استمرت هذه الحضارات القديمة من سنين نشأت العلوم والفنون، ثم تفرعت وانتشرت، إلى أن ظهرت الحضارات البشرية الحديثة، فكانت حضارة الإغريق، فحضارة الرومان، فحضارة أوروبا وأمريكا.

ذلك هو شأن الزراعة في خلق الحضارات البشرية قديمها وحديثها، وسيظل لها هذا الشأن إلى ما شاء الله، فستبقى مهنة السواد الأعظم من سكان العالم ومصدر غذائهم ومعاشهم. ولا عجب إذاً أن تطور البحوث الزراعية منذ حوالي منتصف القرن التاسع عشر حتى الآن تطورات عديدة تهدف أول ما تهدف إلى سد حاجة البشر جميعا من غذاء وكساء.

التربة الزراعية:

يمكن تعريف التربة الزراعية بأنها الطبقة المفتتة من سطح القشرة الأرضية التي تنمو عليها النباتات، وقد نشأت في أول الأمر من الصخور عن طريق التفتت والانحلال بفعل التغيرات الجوية وثاني أكسد الكربون والأكسجين الذائبين في الماء، ثم بقيت في مكانها أو حملتها بعيد العوامل الناقلة كالرياح والمياه الجارية.

ولا بد لأول نباتات نمت أن تكون قد استمدت غذاءها من سطوح

الصخور أو فتاتها، ولما ماتت تحللت أجسامها فاكتسبت التربة بذلك موادا عضوية كانت النباتات قد صنعتها مدة حياتها من ثاني أكسيد الكربون والماء عن طريق الطاقة المستمدة من ضوء الشمس بواسطة المادة الخضراء أو الكلورفيل، وعلى ذلك تستأثر التربة الزراعية دون الأصل الصخري الذي نشأت منه بمصدر للطاقة وهو المواد العضوية.

ومعظم أراضينا المصرية قد تكونت من توالي رسوب طمي النيل الناتج من تفتت وانحلال صخور الجرانيت البركانية الواقعة بجبال وهضاب الحبشة، خصوصا في المناطق التي ينبع منها النيل الأزرق ونهر عطبرة. وقوام هذه الصخور هو معادن الفلسبار والميكا والكوارتز، وهي متى أصابها التفتت تتحلل كيميائيا بفعل ثاني أكسيد الكربون والأكسجين الذائبين في الماء إلى كاؤولينن أي إلى سليكات الألومنيوم الهدراتية (الطين) في الوقت الذي لا يتأثر فيه الكوارتز (الرمل) والميكا تقريبا.

وتركيب المواد المعدنية في التربة الزراعية لا يطابق تماما تركيب أصلها الصخري، فإن عوامل الانحلال تستمر في التربة ذاتها بعد تكوينها، حيث تتفاعل المركبات المعدنية مع بعضها أو مع المركبات العضوية. والتفاعلات الكيميائية الرئيسية هي كما يلي:-

(١) **الأكسدة**- لما كان الأكسجين أقوى العناصر الفعالة في الهواء الأرضي فإن وجوده يؤثر في مركبات الحديد كالكبريتورات والكبريتات والسليكا ويحدث تغييرا يشمل اللون ودرجة قابليتها للذوبان في الماء، فتتحول الكبريتورات مثلا إلى كبريتات مركبات الحديدوز إلى مركبات حديديك.

(٢) **الاختزال**- يحدث الاختزال في بعض المركبات متى قل الهواء الأرضي بسبب اندماج التربة أو تشبعها بالمياه، وقد يحدث بفعل الأحماض العضوية أو

بفعل بعض الميكروبات، فتتحول الكبريتات مثلا إلى كبريتور ثم إلى كبريت، والآزوتات إلى آزوت منفرد، ويتحول أكسيد الحديد الأحمر (ح٢ أ٣) إلى أكسيد حديدوز (ح أ).

(٣) **التأدرت والكربنة والذوبان**– تحدث هذه التفاعلات في بعض المركبات، فيتحول فلسبار الأورثوكلاز مثلا إلى سليكات الألومنيوم الأيدراتية (طين) وكربونات البوتاسيوم والسليكا، ويتحول فوسفات ثلاثي الكالسيوم إلى فسفات أحادي الكالسيوم وكربونات الكالسيوم الأحادية. ومن المعروف أن المعادن الطبيعية قابلة للذوبان في الماء إلى حد ما، غير أن قدرة الماء على إذابتها تزداد بوجود بعض الغازات الذائبة كثاني أكسيد الكربون وأكاسيد الآزوت وأكاسيد الكبريت.

وكثير من المركبات المعدنية تتجزأ عند ذوبانها في الماء إلى أيونات، بعضها موجب وتسمى (كاتيونات)، والبعض الآخر سالب وتسمى (أنيونات)، ويعرف التجزأ إلى أيونات بالتأين. فمثلا آزوتات وكلوريد وكبريتات وفوسفات وبيكربونات البوتاسيوم والصوديوم والكالسوم والمغنسيوم.. إلخ، تتأين عند ذوبانها إلى أصول قاعدية (أيونات موجبة) وإلى أصول حامضية (أيونات سالبة)، فآزوتات البوتاسيوم (بوز أ٣) تتجزأ إلى أيون سالب هو زأ٣– وإلى أيون موجب هو بو +، وتتأين الأحماض عند ذوبانها إلى أيونات يكون الموجب منها عبارة عن الأيدروجين وحده والسالب هو باقي الحامض، فمثلا يتأين حامض الآزوتيك (يدز أ٣) إلى أيون موجب هو يد + وإلى أيون سالب هو زأ٣–، وكذلك تتأين القلويات كأيدروكسيد البوتاسيوم والصوديوم والمغنسيوم والكالسيوم والنشادر عند ذوبانها إلى أيون سالب هو الأيدروكسيد (يد أ–) وإلى أيون موجب هو العنصر القاعدي (بو + مثلا).

وبعض المركبات القابلة للتأين في التربة كالطين والمواد العضوية المتحللة (الدبال) يكون أحد أيوناتها وهو السالب عادة غرويا، ويكون الأيون الآخر غير غروي، ويطلق على هذين المركبين اسم (مركب الامتصاص) لأن في قدرته امتصاص الأيونات الموجبة فقط، فإذا أضيف إلى الأرض سماد سلفات نشادر مثلا فإن هذا الملح يذوب في الماء ويتجزأ إلى أيون موجب وهو الأصل القاعدي (ز يد٤ +)، وإلى أيون سالب وهو الأصل الحامضي (كب– أ–٤) وعندئذ يأخذ مركب الامتصاص الأيون الموجب أي الأصل القاعدي ويعطي بدلا منه الكالسيوم عادة. وهكذا يأخذ مركب الامتصاص أي أيون موجب من محلول الماء الأرضي سواء كانت المركبات التي تأينت أملاحا أو أيدروكسيدات، ويعطي بدلا منه الكالسيوم إلا إذا كانت التربة فقيرة فيه فيعطي أية قاعدة تكون أكثر وجودا فيه.

وتوجد في مصر أنواع أخرى من الأراضي الرملية والأراضي الرملية والأراضي الجيرية، وأساس تكوين الأولى هو فتات السليكا (أوكسيد السيلكون)، أما أساس تكوين الثانية فهو فتات الصخور الرسوبية التي تتكون منها معظم التلال عندنا، حيث تنتقل هذه الفتات بفعل الرياح أو السيول إلى بطون الأودية التي تنحدر إلى النيل.

ميكروبات التربة الزراعية:

قد ينظر الإنسان إلى التربة الزراعية فيحسبها مجرد كتلة جامدة لا حياة فيها، أو بعبارة أخرى مجرد حبيبات من الطين والسلت والرمل، وبقايا النباتات، والماء، والهواء الأرضي. غير أنه لو أتيح له فحصها ودراستها ببعض الوسائل العلمية لتبين أنها مليئة بأحياء حيوانية ونباتية عديدة، وإذا ما استبعد الديدان

والحشرات، وغيرها من الحيوانات التي تسكن عادة فيها، أو تمضي بها طورا من أطوار حياتها، لوجد بها البروتوزوا والطحالب والعفن والخمائر والبكتيريا، وما إليها من الحيوانات والنباتات الأولية التي ذكرناها في الباب الأول.

وتعتبر التربة بيئة ملائمة لنمو الميكروبات وتكاثر أنواعها العديدة، فهي تحتوي عادة على الكمية المناسبة من الماء والمقادير الكافية من العناصر المعدنية والمواد العضوية، غير أن عدد هذه الميكروبات ونسب بعضها إلى البعض الآخر يتوقف على عوامل كثيرة وهي:-

(١) **الرطوبة**- يتأثر عدد البكتيريا في التربة باختلاف نسبة الرطوبة، فإذا ما قلت هذه النسبة عن نحو ٧٠% من قدرة حفظ التربة للماء تأثرت البكتيريا بالجفاف، وإذا ما زادت تأثرت بنقص الأكسجين وانخفاض درجة الحرارة الناشئين عن تشبع التربة بالماء. هذا وإن طوائف العفن والأكتينومايسيتس أكثر احتمالا للجفاف من البكتيريا، أما طوائف الطحالب والبروتوزوا فأكثر احتمالا لرطوبة التربة.

(٢) **التأثير (درجة تركيز أيون الأيدروجين)**- تنشط معظم الميكروبات في البيئات المتعادلة التأثير، وتضار في حالة البيئات الحامضية أو القلوية التأثير، غير أنه لا ينتظر أن تحدث في التربات العادية تغيرات ذات شأن في درجة التأثير لاحتوائها على مواد لها فعل تنظيمي.

(٣) **الحرارة**- إن معظم ميكروبات التربة من الأنواع المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة (الميزوفيلية)، فإذا انخفضت درجة الحرارة عن ١٥°م أو ارتفعت عن ٤٥°م بطؤ نمو هذه الأنواع ونشط نمو الأنواع الأخرى المحبة للبرودة (السيكروفيلية) أو المحبة للحرارة المرتفعة (الثرموفيلية). هذا وتتوقف التغيرات في درجة حرارة التربة بالنسبة إلى درجة حرارة الجو على قوامها ومحتواها من الرطوبة.

(٤) **الغذاء**– تنتمي غالبية ميكروبات التربة إلى طائفة النباتات الأولية غير ذاتية التغذية (الهيتروتروفية)، ولو أن عدداً كبيراً منها ينتمي إلى طائفة النباتات الأولية ذاتية التغذية (الأوتوترفية)، ولهذا فإن سيادة أنواع من الطائفة الأولى على أنواع من الطائفة الثانية يتوقف على طبيعة وكمية الغذاء الذي يوجد بالتربة.

(٥) **التهوية**– معظم ميكروبات التربة من الأنواع الهوائية حتما أو من الأنواع الاختيارية، ولهذا تكثر أعدادها في الطبقات العليا من التربة (٢٠–٢٥سم) وتتناقص مع العمق. ومن الطبيعي أنه كلما كانت التربة مفككة أو حسنة الصرف كان انتشار الميكروبات أكبر في الطبقات السفلى.

(٦) **المواد الضارة**– تتأثر أنواع من الميكروبات ببعض المواد التي تتراكم في التربة كالأملاح والمبيدات الحشرية أو الفطرية، كما تتأثر ببعض المواد التي تنتجها أو تفرزها أنواع أخرى.هذا وتعتبر البروتوزوا والفيروسات (البكتريوفاجات) من العوامل التي تؤدي إلى بعض النقص في الميكروبات.

تغذية النباتات:

لابد أن الرعاة القدماء قد أدركوا–في الأماكن التي راثت فيها حيواناتهم– أثر المواد البرازية في نمو النباتات– فحين استقروا وأخذوا يزرعون المحاصيل مارسوا تسميدها بهذه المواد، بل ولجأوا إلى غيرها، فاستخدم العرب والمصريون القدماء والصينيون والرومان زرق الطيور، والبقايا النباتية المخمرة، والرماد والجبس، والسماد الأخضر. ولا بد أنهم لم يجدوا لما أدركوه تفسيراً، إلى أن عني العلماء في العصور الحديثة بدراسة العناصر التي تدخل في تركيب النباتات ومصادرها المختلفة، فتبين أن الكربون والأيدروجين والأكسجين والآزوت

والفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والحديد والكبريت والسيليكون والمنجنيز والصوديوم والكلور وغيرها تدخل جميعا في تركيب النباتات بكميات متفاوتة، كما تبين أن النباتات تستمد كل ما يلزمها من عنصر الكربون من الجو في صورة غاز ثاني أكسيد الكربون، وتحصل على الأيدروجين وجزء كبير من الأكسجين من الماء الذي تستمده من التربة، وتستخلص باقي ما يلزمها من الأكسجين من الجو على حالة غازية وتستنفده في عملية التنفس، أما العناصر الأخرى فتمتصها من التربة حيث توجد على حالة أملاح ذائبة في الماء. هذا وقد تبين أنه لا بد من توافر بعض العناصر كي تنمو النباتات، وهي الكربون والأيدروجين والأكسجين والآزوت والفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والكبريت والحديد، ولهذا سميت (العناصر الضرورية)، أما باقي العناصر فلم يثبت أنها ذات أهمية كبيرة، ولهذا سميت (العناصر غير الضرورية) ولو أن عناصر أخرى كالبورون والمنجنيز والنحاس والزنك والموليبدينم تبين أن لها أهمية خاصة في بعض النباتات.

ويوجد من بين العناصر الضرورية التي تمتص من التربة ما يوصف (بالعناصر الأساسية) وهي الآزوت والفسفور والبوتاسيوم، لأنها متى انعدمت أو قلت في التربة انعدم أو قل نمو النباتات، وعلى هذا بدأت صناعة الأسمدة المعندنية الآزوتية والفسفاتية والبوتاسية في النصف الأول من القرن الماضي، ثم ازدهرت وكانت صناعة الأسمدة الآزوتية أكثرها ازدهارا، حيث ثبت أن الآزوت هو أهم العناصر الأساسية الثلاثة وأنه يحتل مكان الصدارة بينها في العالم كله.

والآن ما هو دور ميكروبات التربة في تغذية النباتات؟ هذا هو ما سنجيب عليه من خلال الموضوعات التالية:-

أولا: دورة الكربون والآزوت في الطبيعة:

إن من أنواع الحيوانات ما يقتات بالنباتات وحدها، ومنها ما يقتات بحيوانات أخرى مستضعفة، ومنها ما يقتات بنباتات وحيوانات معينة، أي أن جميع الحيوانات تحصل على غذائها من النباتات بطريق مباشر أو غير مباشر. ولا عجب في ذلك، فبناء المواد العضوية المعقدة من مواد عضوية بسيطة هو رئيسيا من عمل النباتات، أما هدم المواد العضوية المعقدة إلى مواد عضوية بسيطة فهو رئيسيا من عمل الحيوانات أولا فالميكروبات ثانيا. وإن تناوب عملية الهدم والبناء هو في الواقع أساس استمرار الحياة على وجه الأرض، فكما سبق القول سيدخل الكربون والآزوت وغيرهما من العناصر التي تتألف منها المواد العضوية الموجودة حاليا في الطبيعة في تركيب هذه المواد مستقبلا كما دخلت في تركيبها منذ آلاف السنين، حيث لا يمكن أن يصيب هذه العناصر شيئا من النقص أو الزيادة، وليس أدل على أهمية الهدم بواسطة الميكروبات من التأمل في مصير الكون لو بقيت المتخلفات النباتية والفضلات الحيوانية، وكذلك الأجسام البشرية والحيوانية العديدة بعد موتها دون انحلال، فلا بد وأنها ستتراكم على توالي الأيام، محتجزة ما اكتسبته من عناصر وما اكتنزته من طاقة، بحيث تصبح الحياة النباتية والحيوانية عسيرة بل وتصبح مهددة بالانهيار أو التوقف التام.

(١) **دورة الكربون**– يمثل الكربون بصفة عامة نحو ٥٠% من جملة العناصر التي تتألف منها المواد العضوية في أنسجة الكائنات النباتية والحيوانية، غير أنه يمثل أقل من ٤٠% في حالة بعض المواد الكربوهيدراتية والأحماض العضوية، كما يمثل أكثر من ٦٠% في حالة الدهون والشموع. وتبدأ دورة الكربون بأبسط مركباته وهو ثاني أكسيد الكربون المحتوي عليه الهواء

الجوي، حيث تمتصه النباتات والبكتيريا الذاتية التغذية (الأوتوتروفية) وتنتهي به إلى تكوين المواد الكربوهيدراتية والدهنية والبروتين. والنباتات إما أن تقتات بها الحيوانات لتبني أجسامها وتحصل على الطاقة اللازمة لكافة وظائفها الحيوية، وإما أن تموت فتتحلل أجسامها مع ما يموت من الحيوانات بفعل الميكروبات غير الذاتية التغذية (الهيتروتروفية)، فتتحول المواد العضوية المعقدة إلى مواد بسيطة وينطلق الكربون في الجو كما كان على صورة ثاني أكسيد الكربون لينضم إلى ما ينطلق منه عن طريق تنفس الكائنات الحية الأخرى أو عن طريق حرق مواد الوقود.

(٢) **دورة الآزوت**– تبدأ دورة الآزوت عادة بما يوجد بنسبة ٨٠% من الهواء الجوي حيث يتحول بالكهربية الجوية إلى غاز ثاني أكسيد الآزوتيك باتحاده مع أكسجين الهواء، ثم إلى حامض آزوتيك باتحاد مع مياه الأمطار، ثم إلى آزوتات نشادر باتحاد مع نشادر الهواء. وبذلك يصل إلى التربة الزراعية في صورة صالحة لتغذية النباتات مع مياه الأمطار مباشرة أو مياه الأنهار، كما يصل إليها في صورة أسمدة آزوتية مما يقوم بصنعه الإنسان على غرار ما تقوم به الطبيعة، كما يصل إليها عن طريق بعض الميكروبات المثبتة له في أجسامها. ويأتي بعد ذلك بناء النباتات لبروتيناتها من المواد الآزوتية البسيطة التي وصلت إلى التربة، ثم بناء الحيوانات لبروتيناتها من البروتينات النباتية والحيوانية الأخرى التي تتغذى بها، ثم تحول بروتينات الأجسام النباتية والحيوانية بعد موتها وكذلك الفضلات الحيوانية إلى نشادر تستخدمه النباتات كغذاء وقد ينطلق في الجو، أو يتحول إلى آزوتات تستخدمه النباتات أيضا كغذاء وقد تختزل إلى نشادر أو قد تتحول إلى آزوتمنفرد ينطلق كالنشادر في الجو. وبذلك تنتهي دورة الآزوت عند

النقطة التي بدأت منها بفعل العديد من الميكروبات غير الذاتية التغذية (الهيتروتروفية) فالذاتية التغذية (الأوتوتروفية) كما سيجيء ذكره فيما بعد.

ثانيا- انحلال المواد العضوية في التربة الزراعية:

لا تخلو أية تربة زراعية من المواد العضوية، حيث لا بد وأن يتخلف فيها قدر ما من الأجزاء النباتية (الجذور والسوق والأزهار والثمار) فوق ما يموت فيها من أحياء (ديدان وحشرات وميكروبات) وما يصل إليها من أسمدة عضوية (سباخ بلدي وسماد بلدي وسماد قمامة وسماد مجاري وسماد دم مجفف وزرق طيور). وهي تحتوي على عدة مركبات تختلف من حيث تركيبها الكيميائي وانحلالها كما يلي:

(١) **تركيب وانحلال المركبات العضوية غير الآزوتية**- تتركب المركبات العضوية غير الآزوتية أساسيا من الكربون والأيدروجين والأكسجين، وتشمل:

(أ) **الكربوهيدرات**، ومنها السكريات الأحادية التي قد تكون (هكسوزات) أي سداسية الكربون (ك٦ يد ١٢ أ٦) كسكر الجلوكوز أو الدكستروز (سكر العنب)، والفراكتوز أو الليفيولوز (سكر الفاكهة) والمانوز (سكر المانيت)، وقد تكون (بنتوزات) أي خماسية الكربون (ك٥ يد ١٠ أ ٥)كسكر الأرابينوز (سكر الصمغ)، والزيلوز (سكر الخشب). ومنها السكريات الثنائية، (ك١٢ يد ١٢ أ ١١)، كسكر السكروز (سكر القصب)، واللاكتوز (سكر اللبن)، والمولتوز (سكر الشعير أو المولت). ومنها السكريات الثلاثية، (ك١٨ يد ٣٢ أ١٦)، كسكر الرافينوز. ومنها السكريات العديدة التي قد تكون (هكسوزنات) أي هكسوزات متحدة، (ك٦ يد١٠ أ٥)، كالسليولوز، والهيميسليولوز، واللجين، والنشا، والدكترينات، والإنيولين، والجليكوجين، والصموغ، وقد تكون (بنتوزانات)

أي بنتوزات متحدة، (ك٥ يد٨ أ٤)ن، كالأرابان، والزيلان، والبكتينات.

(ب) **الدهون والزيوت والشموع**، والأولى والثانية عبارة عن إسترات جليسيرول الأحماض الدهنية، أما الثالثة فهي عبارة عن إسترات الأحماض الدهنية والكحولات العالية، ومنها الكيوتين.

(جـ) **الأحماض العضوية وأملاحها وإستراتها**، ومنها حامض اللاكتيك والبيوتريك والأكساليك، والسكسنيك، والاستياريك، والفورميك، والأسيتيك، والبروبيونيك، وأكسالات الكالسيوم، وخلات الإيثيل.

(د) **التانينات والجلوكوسيدات والألكالويدات**، وهي مركبات مختلفة التركيب وبعضها كالجلوكوسيدات تحتوي على الآزوت.

(هـ) **الأصباغ أو المواد الملونة**، ومنها الكلوروفيل (المادة الخضراء) والكاروتينويدات (المواد الصفراء) والأنثوسيانينات (المواد الملونة للأوراق وثمار الفاكهة والأزهار).

ويمر انحلال هذه المركبات بمرحلتين: الأولى هي مرحلة الانحلال بالتأدرت المائي، ويحدث بفعل الإنزيمات الخارجية الهيدروليتية (الكربوهيدريزات) التي تفرزها بعض الميكروبات، وينشأ عنه تكوين مركبات بسيطة التركيب صالحة للامتصاص كمصدر للغذاء والطاقة بواسطة نفس الميكروبات أو غيرها. والثانية هي مرحلة الانحلال بالتأكسد، ويحدث بفعل الإنزيمات الداخلية التنفسية التي تفرزها الميكروبات، وينشأ عنه في النهاية تكوين ثاني أكسيد كربون وماء في حالة توفر الأكسجين المطلق أو بعبارة أخرى توافر الهواء الجوي، أو تكوين حاصلات وسطية كالأحماض العضوية والكحولات والغازات في حالة عدم

توافره. وفيما يلي ما يوضح ذلك:

سليزلوز + ماء إنزيم سليوليز ← سكر سلوبيوز.

هيميسليولوز + ماء إنزيم: سيتيز ← سكريات أحادية (هكسوزات أو بنتوزات).

بكتينات + ماء إنزيم: بكتتينيز ← سكريات أحادية وأحماض يورونية.

نشا + ماء إنزيم: اميليز ← سكر مولتوز.

سكر سلوبيوز + ماء إنزيم: سلوبيز ← سكر جلوكوز.

سكر سكروز + ماء إنزيم: سكريز ← سكر جلوكوز وفركتوز.

دهون + ماء إنزيم: ليبيز ← جليسيرول وأحماض دهنية

تحت ظروف هوائية:

- جلوكوز + أكسجينثاني ← أكسيد كربون + ماء
- جلوكوز + أكسجين ← حامض ستريك + ماء
- كحول + أكسجين ← حامض أسيتيك + ماء

حامض أسيتيك + أكسجين ← ثاني أكسيد الكربون + ماء

تحت ظروف لا هوائية:

- جلوكوز ← حامض لاكتيك
- جلوكوز ← حامض بيوتريك + ثاني أكسيد كربون + ماء
- جلوكوز ← كحول إيثيل + ثاني أكسيد كربون

(٢) **تركيب وانحلال المركبات العضوية الآزوتية**– تتركب المركبات العضوية الآزوتية أساسيا من الكربون والأيدروجين والأكسجين والآزوت، فضلا عن الفوسفور والكبريت، وتشمل:

(أ) **البروتينات البسيطة**، ومنها الألبيومينات أو الزلاليات كزلال البيض وزلال مصل الدم، والليوكوزين الذي يوجد في القمح. ومنها الجلوبيولينات كميوسين العضلات، وفبرينو جين الدم، والليجومين الذي يوجد في

البسلة. ومنها الجلوتيلينات كجلوتنين القمح. ومنها الجليادينات كجلوتين القمح والأرز والذرة. ومنها السكليروبورتينات أو الألبومينويدات ككيراتين الحوافر والشعر والريش، وإيلاستين الأنسجة الموصلة، وكولاجين الأربطة الحيوانية والغضاريف والعظام (يتحول الكولاجين إلى جيلاتين بغليانه مع الأحماض المخففة)، وكيتين الغطاء الصلب للحيوانات اللافقرية. ومنها البروتامينات التي توجد في بيض السمك، ومنها الهستونات التي توجد في الكرات الدموية الحمراء وبيض السمك.

(ب) **البروتينات المركبة**، ومنها البروتينات النووية التي توجد في نوايا الخلايا ومنها الفوسفوبروتينات ككازين اللبن، وفيتلين صفار البيض. ومنها السكروموبروتينات كهيموجلوبين الدم، وهيمو سيانين دم الرخويات والقشريات وغيرها من الحيوانات المفصلية الأرجل. ومنها البروتينات الليسيثينية كفبرينوجين الأنسجة.

(ج) **البروتينات المشتقة**، ومنها البروتيوزات والببتونات والببتيدات، وتحتوي البروتينات عموما على عدة أحماض أمينية ومنها الجليسين أو الجليكوكول. والألانيين، والسيرين، والستين، وحامض الأسبرتيك، والتيروزين، والتريبتوفان. هذا وتحتوي المادة العضوية أحيانا على مركبات عضوية آزوتية غير بورتينية كاليوريا وحامضالهيبوريك والسياناميد. ويمر انحلال هذه المركبات بمرحلتين أيضا: **الأول** هي مرحلة الانحلال بالتأدرت المائي، ويحدث بفعل الإنزيمات الخارجية الهيدروليتية (البروتييزات) التي تفرزها بعض الميكروبات، وينشأ عنه تكوين أحماض أمينية صالحة للامتصاص كمصدر للغذاء أو الطاقة بواسطة نفس الميكروبات أو غيرها.**والثانية** هي مرحلة الانحلال بالتأكسد، ويحدث بفعل الإنزيمات الداخلية التنفسية،

وينشأ عنه في النهاية تكوين نشادر وثاني أكسيد كربون وماء في حالة توافر الأكسجين المطلق أو تكوين أحماض عضوية وكحولات وأمينات مع نشادر وثاني أكسيد كربنون في حالة عدم توافره. وفيما يلي ما يوضح ذلك:

بروتين + ماء إنزيم: بروتينيز ← بوليببتيدات.

بوليببتيد + ماؤ انيم: بوليببتيديز ← أحماض أمينية.

حامض أميني + ماء إنزيم: ديامينيز ←أحماض عضوية ونشادر.

حامض أميني + أكسجين ← أحماض عضوية + نشادر + ثاني أكسيد كربون (تحت ظروف هوائية).

حامض أميني ← أمينات + ثاني أكسيد كربون.
حامض أميني + أيدروجين ←أحماض عضوية + نشادر. (تحت ظروف لا هوائية)

وهذا وتعرف عملية تكوين النشادر من انحلال المركبات العضوية الآزوتية بعملية النشدرة التي يطلق عليها اسم التعفن في حالة حدوثها تحت الظروف اللاهوائية، وذلك بسبب ما يصاحبها من المركبات الكريهة الرائحة كالإندول والإسكاتول وغاز كبريتور الأيدروجين. وفي أثناء هاتين العمليتين تتحول محتويات البروتينات من الكبريت والفسفور إلى حامض كبريتيك وفوسفوريك أو إلى كبريتور إيدروجين وفوسفين.

والانحلال الذي يصيب المواد العضوية على الإجمال بفعل الميكروبات لا يتناولها كوحدة متماسكة بل يتناول كل مركب من مركباتها على حدة فالمركبات ليست سواء من حيث قابليتها للانحلال، فمنها ما يلين له ومنها ما يقاومه، ومنها ما يمتد فيه الانحلال حتى نهايته، ومنها ما يقف الانحلال فيه عند حالات وسطى بين المركبات الأصلية والحاصلات النهائية. فالسكريات الأحادية أسهل

المركبات وأسرعها انحلالا، وتليها النشويات والبكتينات، بينما اللجنين أشد المركبات مقاومة للانحلال ويليه الدهون والشموع، والهيميسليولوزات سريعة الانحلال أيضا، إلا إنها تختفي من المواد العضوية بعد السليولوز مع أنه أبطأ منها انحلالا، ويرجع ذلك إلى أن بعض الميكروبات يجهز في جدران خلاياه الهيمسيليولوزات فضلا عن أن بعض المواد الذي يدخل في تركيبها ويطلق عليه الجالا كتانات ومركبات حامض اليورونيك تقاوم الانحلال أشد مقاومة فيبقى أكثرها بدون تغيير كبير. أما البروتينات فتنحل بسهولة ولكنها لا تختفي حيث تمثل الميكروبات في أجسامها الآزوت الناتج من الانحلال وتمثل أيضا ما قد يوجد في البيئة من آزوت ذائب في الماء، وذلك إلى أن تتبسط المركبات الأخرى وتصبح لا تحتوي على طاقة كبيرة فينطلق الآزوت على صورة نشادر.

والميكروبات التي تقوم بالانحلال ليست متماثلة من حيث قدرتها عليه، فمنها ما يمكنه أن يعمل في عدد كبير من المركبات المختلفة، ومنها ما له بعض التخصص فلا ينشط في العمل إلا في مركبات معينة قد تكون أصلية أو محصلة لنشاط ميكروبات أخرى، وكثيرا ما تختلف نتائج انحلال المركب الواحد باختلاف الميكروب الذي يحلله، كما أن ظروف المواد العضوية من حيث الرطوبة والتهوية والحرارة والحموضة والقلوية (التأثير) تعين إلى حد كبير أنواع الميكروبات التي تقوم بالانحلال كما تؤثر في المدى الذي يصل إليه. وتنتمي ميكروبات انحلال المواد العضوية إلى الطائفة غير الذاتية التغذية (الهيتروتروفية)، وتشتمل البكتيريا الهوائية والعفن والأكتينومايسيتس في حالة توافر الهواء، والبكتيريا اللاهوائية في حالة عدم توافره. ومن البكتيريا الهوائية الـ(سبيروكيتا سيتوفاجا) الحلزونية الشكل، وهي تحلل السليولوز، والـ (باسيللس ستلس) والـ(باسيللس ميكويدس) العضوية المتجرثمه، والـ(بروتيس فلجارس)

والـ(بكتيرويوم فلورسنس)، والـ(بكتيريو مكولاي) العضوية غير المتجرثمه والـ(ميكروكوكس فلانس)، والـ(ميكرو كوكس بيوجينيس) الكروية، وجميعها يحلل البروتين. ومن العفن الأنواع التي تنتمي إلى جنس بنيسليوم وأسبرجللس وفيوزاريوم وتريكوديرماوميوكر وريزوبس، وجميعها يحلل السكريات الأحادية والسليولوز والبكتين والنشا والدهون والزيوت والشموع والبروتين. ومن الأكتينومايسيتس أنواع تنتمي إلى بعض الأجناس التي تحلل السليولوز والبروتين وغيرها. ومن البكتيريا اللاهوائية الـ(كلوستريديوم ديزولفنز) العضوية المتجرثمة، وهي تحلل السليولوز، والـ (باسيللس أميلو باكتر)، والـ(كلوستريديوم بيوتريكم)، والـ(جرانيولوبا كتر بكتينوفورم) العضوية المتجرثمه، وجميعها يحلل البكتين والسكريات الأحادية، والـ(باسيللس بيو تريفيكس) العضوية المتجرثمه، وهي تحلل البروتين.

ثالثا- تكوين الآزوتات من المواد العضوية في التربة الزراعية:

إن تكوين الآزوتات في التربة الزراعية هو آخر حلقة من حلقات تحطيم المركبات العضوية الآزوتية المعقدة إلى آزوت معدني صالح للامتصاص بواسطة النباتات، حيث يتأكسد النشادر (ز يد ٣) الناتج من عملية النشدرة إلى حامض آزوتوز (ز أ٢) ثم يتأكسد حامض الآزوتوز إلى حامض آزوتيك (يد ز أ٣). وكل خطوة من هاتين الخطوتين يقوم بها ميكروب خاص من البكتيريا الهوائية الذاتية التغذية (الأوتوتروفية)، فيعرف ما يقوم بالخطوة الأولى بالـ(بكتيريوم نيتروز و موناس)، والـ(بكتيريوم نيتروز وكوكس) البيضي الشكل، ويعرف ما يقوم بالخطوة الثانية بالـ (بكتيريوم نيتروباكتر) العصوي الشكل، وتسمى الخطوتان معا عملية التأزت.هذا ولو أن التأزت يحدث في أيونات النشادر وحامض الآزوتيك، فإن النشادر يتحد عادة مع الماء وثاني أكسيد

الكربون الموجودين في التربة مكونا كربونات نشادر، كما يتحد حامضي الآزوتوز والآزوتيك مع كربونات الكالسيوم (أو غيرها من المركبات القاعدية) الموجودة في التربة مكونا آزوتيت وآزوتات الكالسيوم، ثم تتأين هذه المركبات الجديدة إلى أنيونات وكاتيونات كما ذكرنا في مكان آخر.

وتحدث عملية التأزت أيضا في أملاح النشادر التي تضاف إلى التربة بقصد تغذية النباتات كسماد سلفات النشادر مثلا، كما تحدث في النشادر الذي يتكون من الانحلال الميكروبي لبعض المواد التي تصل إلى التربة كاليوريا وحامض الهيبوريك وسياناميد الجير، حيث تتحول اليوريا بالتأدرت المائي إلى كربونات النشادر، ويتحول حامض الهيبوريك بالتأدرت المائي أيضا إلى حامض بنزويك وحامض أكسيد خليك ونشادر، ويتحول سياناميد الجير مع الماء وثاني أكسيد الكربون إلى يوريا.

رابعا- تكوين (الدبال) من المواد العضوية في التربة الزراعية:

يطلق "الدبال" أو "الهيومس" على مجموع المواد العضوية بالتربة بعد أن تكون قد انحلت ووصلت إلى حالة من التجانس أفقدتها شكلها الأصلي وحولتها إلى كتله داكنة اللون ثم اندمجت على أثره في التربة مكونة مع طينها ما يعرف بالمعقد الغروي أو بمركب الامتصاص. والدبال لا يوجد بالتربة في حالة توازن، بل يتزايد من ناحية بورود مواد عضوية جديدة إليه، ويتناقص من ناحية أخرى بالانحلال، ويرجع ما هو معروف عن تأثيره في خواص التربة الطبيعية والكيميائية والحيوية إلى طبيعة صفاته وتركيبه، فهو لقتامة لونه يكسب التربة لونا بنيا يتدرج نحو السواد تبعا لدرجة انحلاله فيحفظ لها حرارتها ويدفئ نباتاتها. وهو لغرويته يمتص كثيرا من الماء فيقي التربة شر الجفاف. وهو يسبب تماسك التربة الخفيفة حيث يمتص الماء وينتفخ وهو موزع بين حبيباتها، فيزيل ما بها من

عيوب. وهو يفكك التربة الثقيلة حيث يكون مع جيرها راسبا أو مجمعا يربط كل جماعة من حبيباتها، فتتسع مسامها ويصبح صرفها ميسورا ومرور الهواء فيها سهلا وانتشار جذور النباتات في طبقاتها هينا.. وهو يساعد الطين على زيادة سعة التربة للقواعد المتبادلة، فترتفع خصوبتها. وهو ينظم حموضة التربة وقلويتها (التأثير أو درجة تركيز أيون الأيدروجين)، حيث يعمل أو بعض مكوناتة (حامض ضعيف وهو الهيوميك مع أحد أملاحه وهو الهيومات) عمل المحاليل المنظمة، فتنتظم حياة النباتات. وهو يعتبر مخزنا للأغذية النباتية المدخرة التي تخرج منه شيئا فشيئا على أصلح صورة تلائم النباتات بانحلاله التدريجي البطيء، وثاني أكسيد الكربون الناتج من انحلاله، فضلا عن أنه مصدر له قيمة للكربون اللازم للنباتات، فإنه يزيد قدرة الماء الأرضي على إذابة الأغذية النباتية المختلفة كالفوسفور والبوتاسيوم والحديد والكالسيوم والمنجنيز والزنك والمغنسيوم وغيرها من العناصر الموجودة في أصولها الصخرية أو العضوية بالتربة كما سيجيء ذكره بشيء من التفصيل فيما بعد. وهو مهد لجميع الميكروبات النافعة في التربة ومصدر لغذائها وطاقتها، كما هو مهد لجميع الميكروبات النافعة في التربة ومصدر لغذائها وطاقتها، كما هو مهد للميكروبات المضادة للفطريات والبكتيريا والديدان الأسطوانية (النيمانودا) المسببة للأمراض. وهو يحوي موادا تسمي "أوكسينات" أو "أوكسيمونات" يظهر أنها مفرزات للميكروبات، ويقال أن بينها وبين الفيتامينات والهرمونات ترابط له علاقة وثيقة بنمو النباتات.

ويختلف تركيب دبال التربة بطبيعة الحال باختلاف اللجنينات والبروتينات التي يتألف منها عادة، وباختلاف الأصول القاعدية التي تتصل به من حيث أنواعها ونسبها، وهو يتغير من تربة لأخرى تبعا لظروف البيئة وأحوال الجو لأنه

خاضع في تكوينه للحرارة والرطوبة والتهوية والحموضة والقلوية وأسلوب الزراعة ونوع المزروعات وغير ذلك من العوامل، وأي اختلاف في عامل أو أكثر من هذه العوامل يؤدي حينها إلى تغيير في تركيبه، وما يقال عن الدبال في تربة وأخرى يمكن أن يقال عنه في طبقة وأخرى من نفس التربة، وعلى أية حال فإنه يحتوي على نحو **٤٥%** من الليجينات، **٣٥%** من البروتينات، **١١%** من الكربوهيدرات، **٣%** من الدهون والشموع والراتينجات، **٦%** من المواد العضوية الأخرى، هذا بالإضافة إلى ما يحمله من قواعد التربة، وتبلغ النسبة بين الكربون إلى الآزوت فيه من **١٠** إلى **١٤**: **١**.

والدبال لا يتكون في التربة الزراعية العادية فحسب، بل يتكون حينما توجد المواد العضوية، ولهذا تعرف منه عدة صور وهي:

(أ) **الدبال الذي ينشأ في أكوام السماد أو في التربة من انحلال الفضلات النباتية والحيوانية تحت ظروف هوائية أو لاهوائية جزئيا**، ومنه

(١) دبال أكوام السماد، كالسباخ البلدي والسماد البلدي الصناعي وسماد قمامة المدن،

(٢) دبال التربة، كالفضلات النباتية التي تنحل في وجود حامضية عالية أو درجة حرارة منخفضة أو في وجودهما معا (الدبال الخام في أراضي الغابات ومثيلاتها)، وكالفضلات النباتية التي تنحل في وجود حامضة أقل أو في بيئة متعادلة أو قلوية (دبال الأراضي الزراعية العادية).

(ب)**الدبال الذي ينشأ من انحلال الفضلات النباتية والحيوانية تحت ظروف لاهوائية**، ومنه

(١) دبال ذو نشأة حديثة، كأنواع الـ "بيت"،

(٢) دبال ذو نشأة قديمة، كأنواع الفحم.

(ج) الدبال الذي ينشأ في مجاري المياه، ومنه

(١) دبال ذو نشأة حديثة، كالدبال الذائب في الماء، والدبال الذي يوجد في قاع البحار أو البحيرات، ودبال سوائل المجاري،

(٢) دبال ذو نشأة جيولوجية، كمنابع البترول.

خامسا: تحويل المتخلفات النباتية والحيوانية إلى أسمدة عضوية

إذا نظرنا إلى التركيب الكيميائي للمتخلفات النباتية والحيوانية لوجدنا أنه يمكن تقسيمها إلى قسمين وهما:

(١) قسم المتخلفات ذات النسبة المتسعة بين الكربون إلى الآزوت:

ويضم جميع المتخلفات النباتية تقريبا التي تشمل بقايا المحاصيل الزراعية كالأخطاب والتبون والعروش والقش، كما تشمل قمامة المدن والأعشاب البحرية بما تحتويان عليه أحيانا من بعض المتخلفات الحيوانية.

(٢) قسم المتخلفات ذات النسبة الضيقة بين الكربون إلى الآزوت:

ويضم جميع المتخلفات الحيوانية وبعض المتخلفات النباتية التي تشمل بقايا المجازر كالدم واللحم والقرون والحوافر والعظام، وبقايا المدابغ كالسلاته والشعر، وبقايا الأسواق والمصانع كرؤوس وعظام وأحشاء الأسماك، والمواد البرازية (البول والروث) للإنسان والحيوان، وبقايا معاصر البذور الزيتية ككسب بذرة القطن والخروع.

ومن ذلك يتبين أن المتخلفات الحيوانية عموما تتميز عن المتخلفات النباتية باحتوائها على نسبة أعلى من المركبات العضوية الآزوتية (البروتين) فضلا عن احتوائها على نسبة أقل من السليولوز واللجنين، ولهذا تضيق النسبة بين الكربون إلى الآزوت فيها بينما تتسع في المتخلفات النباتية.

ومن المعروف أن الميكروبات تلجأ أولا إلى المركبات العضوية غير الآزوتية -إذا ما وجدت بوفرة في المتخلفات- للحصول على طاقتها، ولا تلجأ إلى المركبات العضوية الآزوتية (البروتين) لنفس الغرض إلا بقدر ما يسد حاجتها من الآزوت اللازم لبناء أجسامها، وقد لا تلجأ إليها على الإطلاق متى وجدت كفايتها من الآزوت في صورة من الصور المعدنية (نشادرية أو آزوتاتية) عن طريق ما، ومعنى ذلك أنه لن ينطلق النشادر من مثل هذه المتخلفات إلا بعد أن تصل مركباتها العضوية غير الآزوتية إلى حد معين بالانحلال، أو بعبارة أخرى إلى أن تضيق النسبة بين الكربون إلى الآزوت فيها. وعلى العكس تلجأ الميكروبات إلى المركبات العضوية غير الآزوتية والآزوتية على السواء -إذا ما وجدت الأخيرة بوفرة في المتخلفات- للحصول على طاقتها وغذائها من الآزوت معا، وبذلك ينطلق النشادر على الفور كناتج ثانوي.

وبناء على ما سبق لا تستخدم المتخلفات النباتية -التي تتسع النسبة بين الكربون والآزوت فيها حتى لتبلغ في المتوسط نحو ٩٠: ١- في تسميد التربة الزراعية إلا بعد تحويلها إلى ما يعرف بالأسمدة العضوية، أو بعبارة أخرى إلا بعد تضييق النسبة بين الكربون إلى الآزوت فيها إلى نحو ١٨: ١ أو ٢٠: ١ أو إلى ما يقرب من النسبة بين الكربون إلى الآزوت في دبال التربة (١٠: ١). غير أن المتخلفات الحيوانية -التي تضيق النسبة بين الكربون والآزوت فيها- لا تستخدم كما هي أيضا بل تحول كذلك إلى أسمدة عضوية، لاعتبارات أخرى قد

تكون صناعية أو صحية، كالتجفيف والسحق أو استخراج الزيوت والدهون والغراء أو القضاء على الميكروبات المرضية، ولهذا تقسم الأسمدة العضوية عادة إلى:

أسمدة عضوية صناعية، وهي التي تنتج من تصنيع المتخلفات النباتية والفضلات الحيوانية إما عن طريق التخمير كما هو الحال في إنتاج ما يعرف بالسماد البلدي الصناعي من بقايا المحاصيل الزراعية، والسماد العضوي من قمامة المدن، والبودريت وسماد المجاري من المواد البرازية للإنسان، وإما عن طريق إحداث بعض التغيرات الطبيعية أو الكيميائية كما هو الحال في إنتاج سماد الدم المجفف ومسحوق اللحم والقرون والحوافر ومسحوق العظام والسفالة وجوانو الأسماك وسماد الصوف والشعر، وذلك من نفايات المجازر والمدابغ والمصانع والأسواق.

أسمدة عضوية طبيعية، وهى التي تنتج من تربية الماشية والحيوانات والطيور الداجنة، كالسباخ البلدي وزبل الحمام وزرق الدجاج والبط والأوز، أو التي تتجمع في بعض الجزر البحرية والكهوف الجبلية التي تأوي أنواعا معينة من الطيور الجارحة، كجوانو الطيور البحرية وجوانو الوطواط. أو التي تتخلف من بعض المصانع، ككسب بذرة القطن. أو غير ذلك، كأكوام الكفري ورواسب المارو ج والأعشاب البحرية والأسمدة الخضراء. وبناء على هذا التقسيم سنتكلم عن الأسمدة التي تلعب الميكروبات دورا هاما في تصنيعها أو تحضيرها وخزنها لاغير، وهي السماد البلدي الصناعي وسماد قمامة المدن وسماد البودريت وسماد المجاري والسباخ البلدي، ولو أننا سنؤجل الكلام عن سماد البودريت وسماد البودريت وسماد المجاري إلى الباب الخامس، وهو باب المتنوعات التي تشمل من الموضوعات مالا يتصل بقطاع الزراعة وحدها أو بقطاع الصناعة وحدها، وإنما

تشمل من الموضوعات ما يتصل بقطاعين أو أكثر من قطاعات الزراعة والصناعة والصحة العامة وغيرها.

السماد البلدي الصناعي

السماد البلدي الصناعي هو السماد العضوي الذي يمكن الحصول عليه من تخمير البقايا النباتية، وذلك على أساس إخضاعها لنشاط الميكروبات وتهيئتها له من حيث الرطوبة الكافية، والتهوية الملائمة، والوسط المتعادل أو القليل القلوية، ووجود عنصري الآزوت والفوسفور الذائبين في الماء بالكميات المناسبة. ومن المعتاد أن تحول هذه البقايا إلى سماد في كومات فوق سطح الأرض بحيث يشغل الطن الواحد منها نحو ستة أمتار مربعة، وبحيث يجري التكويم على عشر طبقات مع رش كل طبقة بالماء لدرجة البلل وتغطيتها بكمية من التراب المحتوي على عنصري الآزوت والفوسفور بالقدر الذي يساوي عشر احتياجات الكومة الواحدة منهما، وذلك على أساس أن الطن الواحد من البقايا النباتية يحتاج إلى ١٠٠ كيلو جرام من التراب، ١٥ إلى ٣٥ كيلو جرام من سماد سلفات النشادر، ٣ إلى ٧ كيلو جرام من سماد سوبر فوسفات الكالسيوم حسب طبيعة البقايا ومدة مقاومتها للانحلال، فقد وجد أن هناك علاقة بين نسبة ما بالبقايا من البنتوزانات إلى اللجنين ودرجة مقاومتها للانحلال، إذ كلما اتسعت هذه النسبة سهل الانحلال والعكس بالعكس. هذا ومن أهم عوامل نجاح عملية التحويل أن ترش الكومات بعد بنائها بالماء من آن لآخر بحيث تستمر البقايا محتفظة برطوبة قدرها نحو ٦٠٪، وأن تقلب هذه الكومات بعد مرور شهر ونصف على بنائها ثم تكراره بعد شهر ثم أخيرا بعد ثلاثة أسابيع، وذلك بغرض تهويتها وتجنيس محتوياتها.

ومتى خضعت البقايا النباتية بالتخمير لنشاط ميكروبات الانحلال أخذت

موادها العضوية في التغير التدريجي فتتناقص المواد الكربوهيدراتية وكذا السليولوز والهيميسيليولوز، وتتزايد نسبياً كميات اللجنين والبروتين، وتضيق بالتبعية النسبة بين الكربون والآزوت فيها، وذلك بسبب تطاير بعض العناصر في صورة غازات وبخار ماء وتمثيل عناصر أخرى في أجسام الميكروبات، وفي النهاية تفقد البقايا شكلها الأصلي وتتحول إلى كتلة متجانسة داكنة اللون، أو بعبارة أخرى تتحول إلى "دبال". أما الزمن اللازم لتمام الانحلال فيتراوح بين ثلاثة وخمسة أشهر، وقد يمتد إلى ثمانية في حالة البقايا المحتوية على نسبة عالية من اللجنين كحطب القطن ومصاصة القصب وساس الكتان. ويعطي الطن من البقايا الجافة نحو طنين ونصف من السماد البلدي الصناعي الذي يحتوي في المتوسط على ٦٥% رطوبة، ١٥% مادة عضوية، ٠.٦٠% آزوت كلي، ٠.٤٠% حامض فوسفوريك، ٠.٤٠% بوتاسا، وكثافته النوعية تقترب من ١ بقليل أي أن وزن المتر المكعب منه يساوي ١٠٠٠ كيلو جرام، بينما يحتوي السباخ البلدي الجيد في المتوسط على نحو ٨٥% رطوبة، ١٠% مادة عضوية، ٠.٣٠% آزوت كلي، ٠.٤٠% حامض فوسفوريك،٠.١٠% بوتاسا، وكثافته النوعية نحو٠.٨... ومعنى ذلك أن المتر المكعب من السماد البلدي الصناعي الناتج يساوي مترين مكعبين على الأقل من السباخ البلدي الجيد من حيث مقدار المادة العضوية والآزوت.

وتتذبذب حرارة البقايا النباتية أثناء تخميرها بين ٢٢، ٦٥°م هبوطا وصعودا وخاصة في الشهرين الأولين من التخمر، وذلك عندما تكون البقايا لا تزال على تعقدها وغناها بالطاقة التي تنطلق بفعل نشاط ميكروبات الانحلال وتتسرب إلى الوسط الذي تعمل فيه، ومن المرجح أن يؤدي هذا إلى القضاء على ما تحمله البقايا من أمراض حشرية وفطرية وبذور الحشائش الضارة.

السباخ البلدي

يتركب السباخ البلدي أو كما يسمي "السماد البلدي" أو "سماد الزرائب" أو "سماد الأسطبل"، من روث وبول الحيوانات الزراعية مع الفرشة التي قد تكون ترابا أو بقايا نباتية أو خليطا من الاثنين، وله في الزراعة، بناء على هذا، مكانة هامة لا يدانيه فيها سماد عضوي آخر.

وتجري في مكونات هذا السباخ بفعل الميكروبات المختلفة عدة تغيرات تبدأ في الزرائب وتستمر إلى حد أكبر في كومات التخزين، ويتوقف مداها على طبيعة الفرشة من حيث الكم والنوع، وكونها هشة يتخللها الهواء أو مندمجة يكاد لا ينفذ منها، وكذا من حيث اختلاطها بالروث والبول معا أو بالروث فقط مع إبعاد البول عنها وتجميعه في خزانات خاصة، كما يتوقف مدها على طول فترة بقاء السباخ في الزرائب، وطريقة معاملته في كومات التخزين، ولكنها لا تخرج في مجموعها عن التغيرات التي تجري عادة في مكونات البقايا النباتية، فهي تشمل جميع أنواع الكربوهيدرات والبروتين وغيرها، وينشأ عنها مركبات مختلفة تنتهي بتفاعلات ثانوية إلى مركبات بسيطة نسبيا كالنشادر وثاني أكسيد الكربون والميثان والأيدروجين وحامض اللاكتيك واليوتريك.. إلخ، بجانب تكوين الدبال. غير أن هناك تغيرات أخرى لها أهمية خاصة وتجرى في مركبات البولينا، وترجع هذه الأهمية إلى ما قد يترتب عليها من فقد آزوت السباخ بالتطاير في صورة نشادر أو آزوت منفرد أو أكاسيد آزوت كما يتبين فيما يلي.

(أ) **تحول اليوريا وحامض الهيبوريك إلى نشادر،** تتحول اليوريا وحامض الهيبوريك بسهولة وسرعة في الزرائب أو في أكوام التخزين أو في خزانات تجميع البول إلى كربونات نشادر ثم إلى نشادر وثاني أكسيد الكربون كما ذكر سابقا.

(ب) تحول النشادر إلى آزوتات ثم تحول الآزوتات إلى آزوت منفرد أو أكاسيد آزوت، يتحول النشادر بالتأكسد تحت الظروف الهوائية إلى أزوتات، وإذا نشأت ظروف لاهوائية بعد ذلك تتحول الآزوتات بفعل بعض الميكروبات إلى آزوت منفرد أو أكاسيد آزوت تفقد بالتطاير (عملية عكس التأزت أو الاختزال).

ويتبين مما سبق أن المحافظة بقدر الإمكان على النشادر من التطاير أو التحول إلى آزوتات تعتبر نقطة أساسية في عمليات تحضير وتخزين السباخ البلدي، وترتكز هذه المحافظة على منع التهوية أو بعبارة أخرى على جعل التخمر في مكونات السباخ من النوع اللاهوائي. ويكفي لحفظ النشادر–دون الحاجة إلى إضافة مواد كيميائية ككبريتات الكالسيوم (الجبس) وسوبر فوسفات الكالسيوم بغرض تثبيته– أن يترك السباخ في الزرائب لأطول وقت ممكن، وأن يكوم بمجرد إخراجه من الزرائب في كومات منتظمة الشكل مع ضغطه وتغطيته بطبقة من التراب وترطيبه جيدا بالماء من آن لآخر.

سادسًا- تحول المواد المعدنية إلى صورة صالحة لتغذية النباتات في التربة الزراعية:

سبق القول أن تركيب المواد المعدنية في التربة الزراعية لا يطابق تماما تركيب أصلها الصخري بسبب التفاعلات العديدة التي تحدث فيها، ومنها الأكسدة والاختزال والتأدرت والكربنة وأخيرا الذوبان. وتلعب الميكروبات في هذه التفاعلات التي تمتد بطبيعة الحال إلى كل ما يضاف إلى التربة من أسمدة معدنية دورا غير مباشر على الأغلب، حيث يعمل محلول غاز ثاني أكيد الكربون في الماء أو بعبارة أخرى حامض الكربونيك، وكذلك الأحماض العضوية كالأسيتيك والبيوتريك واللاكتيك والفورميك والستريك والأكساليك، وغيرهما

من الأحماض التي تنشأ عن انحلال المواد العضوية على تذويب الفوسفور والبوتاسيوم والحديد والكالسيوم والمنجنيز وغيرها من العناصر التي توجد في التربة، كما تعمل الأحماض المعدنية كالآزوتوز والآزوتيك والكبريتيك التي تنشأ عن أكسدة النشادر والكبريت وكبريتور الأيدروجين عمل حامض الكربونيك والأحماض العضوية.

ولإيضاح ذلك نأخذ عنصر الفوسفور كمثل، فهو يوجد في التربة أصلا على صورة أملاح غير قابلة للذوبان في الماء كفوسفات الكالسيوم الثلاثية: كا٣ (فوا ٤)٢، أو يصل إليها بالتسميد في صورة أملاح غير قابلة للذوبان في الماء كفوسفات الكالسيوم الرباعية: كا٤ فو٢ ا٩ المعروفة بحيث المعادن.

وتتحول هذه الأملاح جميعها إلى صورة قابلة للذوبان في الماء أو بمعنى آخر إلى فوسفات الكالسيوم الأحادية بفعل الأحماض سالفة الذكر. وهكذا تقريبا تتحول باقي العناصر إلى صورة قابلة للذوبان في الماء بتأثير النشاط غير المباشر للميكروبات. أما ما يوجد من هذه العناصر على حالة عضوية كالفوسفور الذي يوجد على حالة لسيئين وفيتين وأحماض نووية وغيرها، وكالكبريت الذي يدخل في تركيب بعض الأحماض الأمينية مثل السستين، فإنها تتحول إلى حالة معدنية بتأثير النشاط المباشر لبعض الميكروبات.

سابعا- تثبيت آزوت الهواء الجوي:

يحتل الآزوت، كما سبق القول، مكان الصدارة بين العناصر الأساسية الثلاثة في غذاء النباتات، ولهذا كانت صناعة الأسمدة الآزوتية وما زالت أكثر الصناعات السمادية ازدهارا في العالم كله. وتعتمد هذه الصناعة على ما يوجد من غاز الآزوت في الهواء الجوي بنسبة ٨٠% تقريبا، حيث يحول إلى أكاسيد آزوتيك أو إلى نشادر باتحاده مع الأكسجين أو الأيدروجين، ومن هذين المركبين

تحضر الأسمدة الآزوتية المعروفة كسماد آزوتات الكالسيوم (نترات الجير) وسلفات النشادر ونترات النشادر الجيري ونتر وسلفات النشادر وغيرها. وتتطلب عملية تحويل آزوت الهواء الجوي إلى أكسيد آزوتيك أو إلى نشادر طاقة حرارية كبيرة تجعل من صناعة الأسمدة الآزوتية عملية كثيرة النفقات وإن كان لا بد من المضي فيها لاعتبارات تتصل بكفاية الإنتاج الزراعي العام. ويقابل ذلك عملية طبيعية مماثلة تكاد تكون عديمة النفقات، وهي عملية تثبيت آزوت الهواء الجوي بواسطة بعض ميكروبات التربة، حيث لا تتطلب سوى تواجد بعض المواد الكربوهيدراتية والعناصر المعدنية بالقدر الكافي الذي يسد حاجة هذه الميكروبات من الطاقة والغذاء. ولما كان هذا القدر أو دونه يتواجد حتما في حدود العمليات الزراعية المعتادة، فإن عملية تثبيت آزوت الهواء الجوي بواسطة الميكروبات تعتبر ذات أهمية بالغة، وليس أدل على هذه الأهمية من أن كمية الآزوت المصنع محليا عندنا قد بلغت على أساس إحصائيات عام ١٩٦٠ نحو ٩٤٠ , ٩١٤ , ٥٩ كيلو جراما (٧٠٠ ر ٢٥٥ طن من نترات الجير- ١٥.٥% آزوت، ١٩.٩٣٤ طن من نترات النشادر الجيري- ٢٠.٥% آزوت)، وأن كمية الآزوت المستورد من الخارج بلغت على أساس إحصائيات عام ١٩٥٩ نحو ٦٧.٤٥٦.٦٤٨ كيلو جراما (٥٠.١٦٠ طن من نترات الصودا- ١٥.٥% آزوت، ١١.٣٠٢ طن من نترات الجير- ١٥.٤% آزوت، ١٤٩.٨٨٠ طن من سلفات النشادر- ٢٠.٦% آزوت، ٢.٠٠٠ طن من نتروسلفات النشادر- ٢٦% آزوت، ١٢٩.٩٣٢ طن من نترات النشادر- ٢٠.٥% آزوت)، أي أن كمية الآزوت المصنع والمستورد بغرض التسميد تبلغ في السنة الواحدة حاليا نحو ٥٨٨, ٣٧١, ١٢٧ كيلو جراما. وإذا نظرنا إلى "البكتيريا العقدية" فقط التي تعيش على جذور المحاصيل البقولية كإحدى بكتيريا التربة المثبتة لآزوت الهواء الجوي، لوجدنا أنها تثبت

بالنسبة إلى محصول واحد وهو البرسيم نحو ٠٠٠, ٥٠٠, ٢ فدانا من البرسيم التحريش والمستديم على أساس إحصائيات عام ١٩٦٠. ومن ذلك تتبين أهمية تثبيت آزوت الهواء الجوي بواسطة الميكروبات، حيث تبلغ كمية ما يثبته نوع واحد منها فقط كمية الآزوت المصنع والمستورد في السنة الواحدة.

وفيما يلي أهم ميكروبات التربة التي تقوم بتثبيت آزوت الهواء الجوي:

١ – البكتيريا العقدية

تعيش البكتيريا العقدية أو ما تسمى "الريزوبيا" معيشة اشتراكية أو "معيشة تبادل النفع" مع النباتات البقولية، حيث تستمد من هذه النباتات بعض المواد الكربوهيدراتية التي تبنيها، وكذلك بعض العناصر المعدنية التي تمتصها من التربة، وذلك في مقابل ما تعطيه لها من الآزوت الذي تثبته في أجسامها من الهواء الجوي.

وتتسرب هذه البكتيريا من التربة إلى جذور البقوليات عن طريق الشعيرات الجذرية، فتخترق جدرانها وتمر من خلية إلى أخرى حتى تحل في القشرة، وعند ذلك ينشط انقسام خلايا هذه القشرة بتأثير ما تفرزه البكتيريا من مواد هرمونية فتتكون العقد أو الدرنات التي تشاهد عادة على الجذور، وفي نفس الوقت تتكاثر البكتيريا وتأخذ في تثبيت الآزوت وتحويله مع الأحماض العضوية التي تحصل عليها من النباتات إلى أحماض أمينية ثم إلى بروتينات، ويستنفد الجزء الأكبر من هذه البروتينات بواسطة النباتات بعد تحوله إلى صالحة بتأثير ما تفرزه هذه النباتات من إنزيمات أو بتأثير الإذابة الذاتية للبكتيريا التي تموت، أما الباقي فتتسرب إلى التربة أو يتخلف في الجذور، ثم يصيبه الانحلال ويتحول إلى آزوت معدني.

وللبكتيريا العقدية عدة أنواع، حيث يختص كل نوع منها بنبات بقولي معين أو عدة نباتات بقولية، وهي:

(١) **ريزوبيم ميليلوتي**، وتختص بالبرسيم الحجازي والحلبة والنفل والحندقوق.

(٢) **ريزوبيم ترايفولياي**، وتختص بالبرسيم المصري.

(٣) **ريزوبيم ليجيومينوزيرم**، وتختص بالفول البلدي والعدس والبسلة.

(٤) **ريزوبيم فاصيولي**، وتختص بالفاصوليا.

(٥) **ريزوبيم ليوبيني**، وتختص بالترمس.

(٦)**ريزوبيم جابونيكم**، وتختص بفول الصويا.

(٧) **ريزوبيم (لم يحدد نوعها حتى الآن)**، وتختص باللوبيا والفول السوداني والفاصوليا الليما واللبلاب.

ويطلق على كل مجموعة من هذه النباتات العوائل التي تشترك في قابليتها، للإصابة بنوع واحد من البكتيريا العقدية اسم خاص، فيقال مجموعة البرسيم الحجازي، ومجموعة البرسيم، ومجموعة البسلة، ومجموعة الفاصوليا، ومجموعة الترمس، ومجموعة الفول، ومجموعة اللوبيا.

ولكل نوع من البكتيريا العقدية سلالات تختلف في قدرتها على تثبيت الآزوت، سواء بالنسبة إلى النبات العائل الواحد، أو بالنسبة إلى النباتات العوائل التي تضمها مجموعة واحدة، فمثلا توجد هناك سلالات فعالة وأخرى غير فعالة بالنسبة إلى البرسيم الحجازي، غير أن السلالة الفعالة بالنسبة إلى البرسيم الحجازي قد لا تكون فعالة بالنسبة إلى الحلبة التي تدخل مع البرسيم الحجازي في مجموعة واحدة ولا توجد البكتيريا العقدية في التربة بعدد وافر كما

هو الحال في الميكروبات الأخرى، وذلك لارتباطها بالنباتات البقولية العوائل، فهي تتعرض-بعد انفرادها في التربة من العقد المتحللة وفي أثناء غياب هذه العوائل حسب الدورات الزراعية- إلى عدة عوامل تنقص من عددها كالجفاف والحرارة وتضاد بعض الميكروبات الأخرى معها، وكذلك سلالاتها الفعالة لا توجد في التربة على حالتها بصفة مستمرة، بل تنشأ عنها عادة طفرات غير فعالة. ولهذا وذاك يلجأ عادة إلى تلقيح تقاوي كل نوع من أنواع البقوليات كلما زرع، وذلك بما يقابله من البكتيريا العقدية التي أثبتت التجارب المختلفة قدرتها العالية على تكوين العقد الجذرية وتثبيت الآزوت.

وطريقة تلقيح تقاوي البقوليات بالمزارع البكتيرية المحملة على مواد جافة هي أسهل الطرق وأوسعها انتشاراً، حيث تنمي البكتيريا أولا في بيئات سائلة حتى إذا ما بلغ نموها أقصاه أضيفت هذه البيئات إلى مزيج من التربة والفحم مثلا مع الخلط الجيد، ثم يعبأ المخلوط في علب من الصفيح التي يحكم غلقها لاستخدامها عند الحاجة، وذلك بتفريغ محتوياتها على التقاوي المبللة قليلا بالماء مع التقليب ثم النشر حتى الجفاف المناسب قبل الزراعة مباشرة. ويحضر هذا النوع من المزارع البكتيرية بمعامل قسم الميكروبيولوجيا التابع لوزارة الزراعة بمصر، ويوزع على الزراع تحت اسم "عقدين" مقرونا باسم كل محصول بقولي، والعلبة الواحدة منه، والتي تزن نحو نصف كيلو جرام، تكفي لتلقيح تقاوي فدان واحد أو فدانين أو ثلاث فدادين على حساب نوع التربة ودرجة خصبها.

٢-بكتيريا الآزوتوباكتر والكلوستريديوم

تعيش بكتيريا الآزوتوباكتر والكلوستريديوم على انفراد في التربة، ولهذا تعرف بالبكتيريا المثبتة للآزوت غير العائشة بالاشتراك والميكروب الأول هوائي حتما، وشكله كروي أو بيضي أو عصوي أحيانا، ويوجد فرديا أو في أزواج،

وهو كبير الحجم بالنسبة إلى ميكروبات التربة الأخرى، ويلائمه الوسط المتعادل أو القليل القلوية، ويحصل على الطاقة اللازمة له من السكريات والأحماض العضوية أو غيرها من المركبات العضوية البسيطة. أما الميكروب الثاني فغير هوائي، وشكله عصوي ومتجرثم، ويلائمه الوسط المتعادل أو الحامضي، ويحصل على الطاقة اللازمة له من السكريات والأحماض العضوية أو غيرها من المركبات العضوية البسيطة أيضا، وأعداده بالتربة تزيد عادة عن أعداد ميكروب الآزوتوباكتر ولو أن قدرته على التثبيت أقل نسبياً.

٣-الطحالب الخضراء المزرقة

تعيش الطحالب الخضراء المزرقة على انفراد في التربة، أي أنها من الميكروبات المثبتة للآزوت غير العائشة بالاشتراك، وهي هوائية وتحصل على طاقتها من ضوء الشمس لاحتوائها كما سبق أن ذكرنا على المادة الخضراء أو الكلورفيل، وهي تشمل أجناسا كثيرة تختلف في قدرتها على عملية تثبيت الآزوت.

هذا وتعتبرزالبكتيريا العقدية من أهم الميكروبات المثبتة للآزوت، فهي تثبت مالايقل عن خمسة أضعاف ما تثبته بكتيريا الآزوتوباكتر أو الكلوستريديوم، أما الأهمية النسبية للطحالب الخضراء المزرقة في هذا المجال فتكاد تكون قاصرة على الأراضي التي تغمر بالمياه كأراضي الأرز.

الباب الثالث

الميكروبات والصناعة

الأصل في الصناعة هو تحويل المواد من صورة إلى أخرى أكثر صلاحية لأغراض الحياة الإنسانية. فإذا أخذنا الفحم مثلا لوجدنا أن علم الكيمياء لم يقف عند حد إحراقه في وجود الهواءكوقود، بل عالجه بالتقطير الاتلافي أو بمعنى آخر بإحراقه وهو في معزل عن الهواء، وجمع منه غاز الاستصباح الذي يستخدم في التسخين والإضاءة واستخراج النشادر والأيدروجين، وفحم الكوك الذي يستخدم في استخلاص الحديد من خاماته بالأفران اللافحة، والسائل النشادري الذي يستخدم في التبريد وفي صناعة كبريتات النشادر، والسائل القطراني الذي ينتج منه بالتقطير الجزئي الزيت الخفيف والزيت المتوسط (أو الكربوليك) والزيت الثقيل (الكربوزوت) والزيت الأخضر (الإنثراسين) والزفت (القار الذي يستخدم في رصف الشوارع)، ثم اتجه علم الكيمياء إلى طرق خاصة لمعالجة هذه الزيوت، وكذلك المواد الأولية المشتقة منها، فحصل كخطوة أولى على البنزين والتولوين والزيلين والنفتالين والإنثراسين والفينول، وحصل كخطوة ثانية على الصبغات وحامض السليسيك ومركبات السلفا والسكارين والمبيدات الحشرية والمذيبات والمواد المفرقعة والألياف الصناعية (النيلون والبرولون والترالين) والمطاط الصناعي واللدائن (البلاستيك) والزيوت العطرية، إلى غير ذلك. وإذا أخذنا السليولوز مثلا آخر، تلك المادة الأساسية التي تكون الهيكل الصلب لمعظم الخلايا النباتية، لوجدنا أن علم الكيمياء لم يقف عند حد

استغلال الإنسان لها في صورها الطبيعية المختلفة (الألياف النباتية كالقطن والكتان، والأخشاب، والقش)، بل عالجها بطرق خاصة، وحصل على عدة مواد، وهي الفسكوز (زنتات السليولوز) الذي يستخدم في صناعة البارود الأبيض والباغة (السليولويد) والأشرطة والأفلام الفوتوغرافية والسينمائية والطلاءات أو الدهانات السليولوزية، وخلات السليولوز التي تستخدم في صناعة الحرير الصناعي (الرايون)، وإثيرات السليولوز غير القابلة للاحتراق التي تستخدم في صناعة الحرير الصناعي والأفلام.

وإذا أخذنا الزلاليات مثلا آخر، تلك المواد الأساسية المكونة لجميع الخلايا النباتية والحيوانية، لوجدنا أن علم الكيمياء لم يقف عند حد استغلال الإنسان لها في طعامه، بل عالجها بطرق خاصة، وحصل من جلوتين الذرة وبروتين بذرة القطن وبروتين فول الصويا وبروتين الفول السوداني وكازين اللبن وزلال البيض وبروتين ريش الطيور وغير ذلك على الصوف الصناعي (النيلون والداكرون).

وإذا أخذنا قوالح الذرة وقشور الفول السوداني مثلا آخر، تلك المواد التي تعتبر بالنظرة السطحية متخلفات عديمة القيمة، لوجدنا أن علم الكيمياء لم يقف عند حد إهمالها أو استغلال الإنسان لها كوقود، بل عالجها بطرق خاصة تتفق مع مالها من خواص طبيعية، واستخدم الناتج منها في صناعة غلايين التدخين والطوب المسامي العازل للحرارة والفلين الصناعي والمشمع والديناميت والبلاستيك وعجينة الورق والصمغ النباتي، كما استخدمه كمسحوق لتنظيف مكابس محركات الطيارات والآلات الدقيقة الأخرى، وكبديل لنشارة الخشب في صناعة الخل، وكفرشة للدواجن. وكذلك عالجها بطرق خاصة أخرى تتفق مع مالها من خواص كيميائية، فحصل بغلي القوالح مع

الماء وحامض الكبريتيك على مادة "الفورفورال" ومحلول سكري يحتوي على "البنتوزات"، ثم استخدم المادة في تنقية زيوت التشحيم وتجزئة الزيوت النباتية، وفي صناعة البلاستيك والنيلون، وفي تنقية مادة "البوتادين" المستخدمة في إنتاج المطاط الصناعي وغير ذلك، واستخدم المحلول السكري في إنتاج خميرة غنية بالبروتينات والفيتامينات. وهكذا علم الكيمياء، فهو كغيره من العلوم الأخرى في تطور مستمر لا يقف عند حد في سبيل صناعة مواد جديدة تحقق الرخاء للإنسان.

والصناعات الميكروبيولوجية أو ما يطلق عليها التخمرات الصناعية هي فرع هام من فروع الصناعات الكيميائية، غير أنها تعتمد على التغيرات الكيميائية التي يمكن أن تحدثها الميكروبات بفعل إنزيماتها في المركبات العضوية المختلفة متى توافرت لها كافة الظروف الملائمة للقيام بنشاطها الحيوي. وتنقسم هذه الصناعات عادة إلى ثلاثة أقسام وهي:

القسم الأول، ويشمل إنتاج الميكروبات التي يمكن استخدامها بصورة نقية في الصناعة الميكروبيولوجية الأخرى أو في الزراعة أو في الأغراض الطبية، كإنتاج الخمائر ومزارع البكتيريا العقدية ومزارع الصناعات اللبنية والأمصال واللقاحات.

القسم الثاني، ويشمل استخدام الميكروبات في إحداث تغيرات طبيعية وكيميائية في بعض المواد، كما هو الحال في صناعات الخبز والمشروبات الروحية والخل والملات وتعطين الكتان ودباغة الجلود وتحويل قمامة المدن إلى سماد عضوي.

القسم الثالث، ويشمل استخدام الميكروبات في إنتاج مواد كيميائية، كما هو الحال في إنتاج الأحماض العضوية والكحولات والأسيتون

والجليسيرول والإستيرولات والغازات (الميثان وثاني أكسيد الكربون) والإنزيمات والبروتينات والأحماض الأمينية والفيتامينات والمضادات الحيوية.

هذا وسيتبين مما يلي من موضوعات أن المواد الأولية التي تستخدم في الصناعات الميكروبيولوجية هي في الأغلب من المحاصيل الزراعية أو من متخلفاتها أو من بقايا تصنيعها لأغراض أخرى، وهو ما يقود إلى تدعيم الاقتصاد القومي للدول الزراعية، بل وإلى تمكين نهضتها الصناعية الوليدة من الارتقاء.

وللصناعات الميكروبيولوجية ركنان أساسيان وهما:

الركن الأول: انتخاب الميكروبات وتحسين خواصها وحفظها في المزارع المناسبة، ويكون ذلك بعزل الميكروبات وانتخاب ما يمكن استخدامه منها في الصناعة، ثم تحسين خواص الميكروبات المنتخبة إذا لزم الأمر بالطريقة المناسبة كالأقلمة أو التعريض للإشاعات المختلفة (إنتاج الطفرات) أو التزاوج الصناعي، ثم حفظها في مزارع خاصة بوسيلة التجفيف بالتجميد أو التخزين في تربة معقمة أو تحت زيت البرافين.

الركن الثاني: اختيار البيئات الصناعية الملائمة، ويكون ذلك بدراسة عملية التحول الغذائي للميكروبات المنتخبة كتمهيد لاختيار البيئات الصناعية الملائمة من حيث احتوائها على المواد الكربوهيدراتية المختلفة وكذلك المواد الآزوتية والعناصر المعدنية والمواد المنشطة للنمو، على أن تُراعى درجة الحامضية أو القلوية والحرارة والتهوية، ثم مدى الحاجة إلى منع التلوث بالتعقيم.

ومن الطبيعي أن احتمالات النجاح في الصناعات الميكروبيولوجية من

الناحية الاقتصادية تتوقف على مدى إمكان استخدام المواد الكربوهيدراتية الرخيصة الثمن كالمولاس والنشا ونشارة الخشب وقوالح الذرة وشرش اللبن ومصاصة القصب، وكذلك الوصول إلى طريقة مناسبة لاستخلاص نواتج التخمر، كالترشيح والتقطير وتكوين الأملاح والامتصاص ثم الإزالة والاستخلاص بالمذيبات، وكذلك الاستفادة من بقايا التخمر في تغذية الحيوانات أو في تخمرات أو صناعات أخرى.

أولا- صناعة الخبز:

حسب القارئ، كي يشعر بأهمية صناعة الخبز، أن يتصور وجباته الغذائية وهي خالية منه، بل وأن يتصور الأعداد الهائلة من الناس الذين يعتمدون عليه كمقوم أساسي لأودهم طول حياتهم. وإن أبسط طريقة لصناعة الخبز هي خلط نوع واحد أو أكثر من دقيق الحبوب بالماء خلطاً جيدا لعمل عجينة ذات قوام متماسك، ثم تقطيع هذه العجينة إلى قطع مناسبة وتعريضها مباشرة للحرارة العالية في فرن أو ما يقوم مقامه حتى تنضج أو بمعنى آخر حتى تتحول إلى "أرغفة". وهذه الطريقة ولو أنها ما زالت شائعة في محيط البدو الذين يرحلون من مكان إلى آخر، إلا أن الإنسان المتوطن قد هجرها من أزمان غابرة واستعمل "التخمير" في صناعة الخبز، فقد اكتشفت بآثار قدماء المصريين نوع من خبز الشعير محتويا على خلايا ميكروب "الخميرة"، ومع ذلك لا يعرف على وجه التحديد كيف توصل الإنسان إلى أهمية التخمير، ولنا أن نتخيل أنه ترك عجينته لفترة من الوقت قبل تعريضها للحرارة، فوجد أنها تتمدد وتزيد في الحجم وتعطي له خبزا شهيا، ثم تعمد أن يتركها لفترة أكثر أو أن يحتجز قطعة منها ويضيفها إلى عجينته الحديثة، فوجد تحسنا ملموسا أغراه على المضي فيما فعل. إلى أن تدخل العلم وكشف عما يحدث من تغيرات في العجين أثناء

التخمر، وحصر أداة التخمير وأنواع الميكروبات التي تقوم به، وحدد أهم نوع منها وهو "خميرة البيرة" أو ما يسمى "سكروميسز سرفيسيا"، ثم عمل على إنتاجها نقية بغرض استخدامها في المخابز كأداة تخمير.

ويحتوي دقيق القمح-وهو أعم أنواع الدقيق- على كميات تتراوح بين ٨.٨٤ و ١١.٥٤% من المواد البروتينية، وبين ٠.٨ و ١.٥% من المواد الدهنية، وبين ٧٥.٣ و ٨١.٢% من المواد النشوية، وبين ٠.٧ و ١.٦% من الأملاح المعدنية، كما يحتوي على كميات متفاوتة من فيتامين $ب_١$، $ب_٢$، هـ، وذلك على حسب خلوه من السن الأبيض والأحمر أو على حسب درجة اشتماله عليهما. والخميرة لا تستطيع أن تحلل المواد النشوية لعجزها عن إفراز إنزيم "الأميليز"، ولما كان هذا الإنزيم يوجد بالدقيق فإن جزءا من هذه المواد يتحول إلى سكر مولتوز بمجرد خلط الدقيق بالماء، وعندئذ تفرز الخميرة إنزيم "المولتيز" الذي يحول سكر المولتوز إلى سكر جلوكوز، كما تفرز إنزيم "الزيميز" الذي يحول سكر الجلوكوز المتكون إلى كحول الإيثيل وثاني أكسيد الكربون فضلا عن بعض الأحماض الطيارة كالخليك واللاكتيك وبعض المركبات الوسطية. ويحتفظ "جلوتين" الدقيق للزوجته بغاز ثاني أكسيد الكربون أثناء التخمر ويحول دون إفلاته، حتى إذا ما أجريت عملية الخبيز تمدد هذا الغاز بتأثير الحرارة، ويكتسب الخبز تبعاً لذلك المظهر الإسفنجي المألوف، أما غالبية الكحول والأحماض الطيارة المتكونة فتفلت في الوقت ذاته. والمظهر الواضح لتأثير الخميرة هو إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون، إلا أن هذا التأثير يمتد إلى حدوث تغيرات في محتوى الدقيق من المواد المختلفة، ومنها تحول بعض المواد البروتينية غير قابلة للذوبان حيث تتجمع أثناء الخبيز، ويكتسب الخبز تبعا لذلك الصفات المرغوبة كالمرونة والملمس والطعم واللون والصلاحية للهضم.

هذا ويلجأ في بعض الأحوال إلى استخدام سكر المولوتوز أو السكروز (للخميرة القدرة على إنتاج إنزيم "السكريز" الذي يحول سكر السكروز إلى سكر الجلوكوز) للحصول على نتائج أفضل، ويلجأ في بعض الأحوال أيضا إلى استخدام ما يسمى "غذاء الخميرة" أو "المحسن"، وهو عبارة عن بعض أملاح النشادر والفوسفات لتنشيط الخميرة.

ولا تستخدم خميرة البيرة بمصر إلا في حالة صناعة الخبز الإفرنجي المعروف والخبز الشلعي (خبز الساندوتشات) وبعض الخبز البلدي في الإسكندرية ودمياط وبورسعيد، أما في حالة صناعة الخبز البلدي الشائع فيستخدم ما يعرف باسم "الخميرة السلطاني"، وهي عبارة عن قطعة من العجين المتخمرة ذاتيا بواسطة الخمائر البرية والبكتيريا التي تصل إليها عن طريق الدقيق أو الهواء أو الأواني والأدوات المستعملة، وهذا الخليط من الميكروبات يخلع على الخبز البلدي صفات خاصة من حيث النكهة والطعم، حيث تعمل هذه الميكروبات على تكوين بعض الأحماض وعلى الأخص حامض اللاكتيك والأسيتيك اللذين يرجع إليهما تسمية مثل هذا الخبز باسم "الخبز الحامضي". والواقع أن صناعة الخبز البلدي بنوعية المعروفين باسم "الخبز الماوي" و"الخبز المجر" تحتاج إلى عناية كبيرة من حيث تنظيم عملية تخميره وخبزه، مع محاولة إنتاج باديء تركيبي يجمع بين خميرة البيرة وبين الميكروبات السائدة المرغوبة في الخميرة السلطاني، وذلك إذا تعذر لأسباب اقتصادية أو فنية استخدام خميرة البيرة بمفردها.

ثانيا- صناعة المشروبات الروحية أو الخمور:

يظهر أن الإنسان قد مارس صناعة المشروبات الروحية منذ قديم الأزل، حيث تشير آثار قدماء المصريين إلى أنهم صنعوا الجعة والنبيذ؛ فقد وجدت ببعض مقابرهم قدور تحتوي على حبيبات من النشا وخلايا من الخميرة

والبكتيريا، كما وجدت على حوائطها وتماثيلها نقوش تدل على طريقة صناعة الجعة، كطحن الشعير وعمل العجين والتخمر والتصفية والحفظ في القدور، وكان للنبيذ عندهم مالا يقل عن ستة أنواع من الكروم (العنب) التي كانوا يعتنوا بغرسها في الواحات فضلا عن الوجهين البحري والقبلي. وقد صنع العرب "الفقاع" و "المزر" و"السكر" من الشعير والقمح والبلح، كما صنع غيرهم أنواعا ذات مصادر مختلفة ومذاق متباين وهكذا حتى أصبح لكل شعب مشروب خاص يكاد يكون وقفا علية. ثم تطورت صناعة هذه المشروبات وصارت من أروج الصناعات في بعض الدول، وذلك بالرغم من تعاون جميع الأديان السماوية على إظهار مساوئها وأضرارها.

١ –صناعة البوظة

البوظة مشروب شعبي يصنع في مصر من حبوب القمح على الوجه الآتي:

(١) يطحن القمح طحنا خشنا.

(ب) يضاف إلى الدقيق الناتج كما هو كمية مناسبة من الماء، ثم يعجن ويترك لمدة ٢٤ ساعة ليتخمر.

(ج) تشكل العجينة إلى أرغفة كبيرة وتخبز.

(د) تستنبت كمية من حبوب القمح تعادل عشر الكمية التي استخدمت في عمل الخبز، وبمجرد وصول طول ريشة الجنين إلى نحو ٣ أو ٤ سنتيمتر تجفف الحبوب في الشمس وتجرش.

(هـ) يقطع الخبز ويوضع في براميل، وتضاف إليه كمية مناسبة من الماء ويترك ليتخمر مدة ٨ ساعات، ثم يضاف إليه مجروش القمح المنبت، ويقلب المخلوط جيدا، ويترك لمدة ١٦ ساعة أخرى لتكملة التخمير.

(و) يصفى المخلوط في غربال خاص من الشعر أو السلك مع إضافة الماء إلى الجزء المحتجز، وهو الردة، مع الدعك الجيد بالأيدي.

(ز) عند انتهاء التصفية يضاف الماء إلى الناتج، وهو البوظة، للحصول على القوام المناسب.

والتخمر الذي يحدث في خبز البوظة أو في هذا الخبز مخلوطا بمجروش القمح المنبت والماء يشبه تماما التخمر الذي يحدث في خبز المائدة، أما القصد من استخدام مجروش القمح المنبت فهو إمداد خبز البوظة بكميات إضافية من إنزيم "الأميليز" الذي تفرزه أجنة الحبوب أثناء إنباتها، وهذا مما يعمل على إسراع عملية تحول نشا القمح إلى سكر" مولتوز". ولهذا يمكن اعتبار البوظة من المشروبات غير الروحية بالرغم من أن نسبة كحول الإيثيل فيها قد تصل إلى نحو ٦%، وذلك لأنها تحتوي على عناصر غذائية هامة وهي نفس العناصر الموجودة في القمح المصنوعة منه بعد أن تناولتها شتى عمليات التغير بفعل الخميرة وغيرها من الميكروبات. فالخميرة تحول المواد النشوية المعقدة إلى مواد سكرية بسيطة سهلة الامتصاص، كما تحول المواد البروتينية إلى صور أخرى لها قيمة غذائية عالية، فضلا عن أنها تزيد نسبة المواد الدهنية والفيتامينات وعلى الأخص فيتامين $ب_١$، $ب_٧$ وباقي فيتامينات ب المركبة، وكذلك الإستيرولات وأهمها الإرجوستيرول الذي يتحول بتأثير الأشعة فوق البنفسجية إلى فيتامين د. ويقال أن لترا واحدا من البوظة يعطي شاربه نصف احتياجه اليومي من فيتامين $ب_١$، ٣/١ احتياجه اليومي من فيتامين $ب_٧$ (حامض النيكوتينيك أو النياسين) ومن الإرجوستيرول والأحماض الأمينية.

٢- صناعة البيرة

البيرة أو الجعة مشروب شائع الاستخدام في العالم كله، ويصنع من حبوب

الشعير على الوجه الآتي:

(أ) تستنبت حبوب الشعير لإفراز إنزيم "الأميليز"، ثم تجفف بمجرد وصول ريشة الجنين إلى نحو طول الحبة.

(ب) تجرش الحبوب الجافة بعد أن يقصف النبت المتصل بها، ويعرف المجروش الناتج باسم "المولت".

(ج) يخلط "المولت" بماء دافيء على درجة حرارة ٦٠° أو ٦٥°سنتيجراد لتحويل النشا إلى سكر "مولتوز". (د) يرشح المخلوط، ويعرف السائل الناتج باسم "الورت".

(هـ) يغلى "الورت" لتعقيمه أو بعبارة أخرى لقتل الميكروبات مع إيقاف فعل إنزيم "الأميليز"، ويضاف عادة خلاصة "حشيشة الدنيار" كمادة حافظة ولإعطاء نكهة خاصة.

(و) يبرد "الورت" ويلقح بخميرة البيرة، وعندما تصل نسبة الكحول في السائل إلى درجة معينة (٣ إلى ٦%) يرشح ويعبأ المترشح في أواني معقمة عادة.

هذا ويصنع في اليابان مشروب يشبه البيرة من حبوب الأرز، غير أنه يحتوي على ١٢ إلى ١٥% من الكحول ويعرف باسم "الساكي"، ويستخدم في صناعته نوع من الفطر يسمى "أسبرجللس أوريزا".

٣- صناعة النبيذ

يطلق النبيذ عادة على العصير المتخمر للعنب، غير أنه يطلق أيضا على العصير المتخمر لأنواع أخرى من الفاكهة كالتفاح والكمثرى والبلح، وأحيانا على العصير المتخمر لبعض النباتات أو على العسل المخفف المتخمر. ويصنع

نبيذ العنب على الوجه الآتي:

(ا) يعصر العنب عند تمام نضجه حتى يكون محتويا على أكبر نسبة من سكر الجلوكوز واللفيولوز، ثم يلقح العصير بخميرة النبيذ أو ما يعرف باسم "سكروميسز سرفيسيا إلليبدويدس"، ويترك ليتخمر على درجة تقترب من ٢٤° سنتيجراد (الحرارة المرتفعة توقف نمو الخميرة المضافة وتشجع نمو الخمائر البرية والبكتيريا المنتجة للأحماض، والحرارة المنخفضة تؤخر التخمير وقد تتيح النمو لبعض البكتيريا والعفن والخمائر البرية، وذلك مما يسبب تلف النبيذ الناتج).

(ب) عند استهلاك معظم السكر يُصفى العصير المتخمر ويوضع في خزانات محكمة لاستكمال التخمير بحيث تكون هذه الخزانات مجهزة بصمامات تسمح بإخراج غاز ثاني أكسيد الكربون المتكون ولا تسمح في الوقت نفسه بدخول الهواء، وإلا تحول الكحول المتكون أيضا إلى حامض الخليك بفعل بكتيريا الخل التي يحملها الهواء.

(ج) بعد انقضاء فترة مناسبة من "التعتيق" يعبأ النبيذ في الأواني المناسبة ويخزن وأحيانا يعقم. هذا ويحتوي النبيذ العادي على ٧ إلى ١٦٪ من كحول الإيثيل، أما النبيذ المركز فيحتوي على ٢٠ إلى ٢٢٪.

٤ –صناعة البراندي والروم والويسكي

تُعرف هذه الأنواع من المشروبات الروحية بالمشروبات الكحولية المقطرة التي تتراوح نسبة الكحول فيها بين ٤٠، ٦٠٪، ويصنع البراندي من تقطير نبيذ العنب أو نبيذ التفاح، ويصنع الروم من تقطير المولاس المتخمر أو عصير القصب المتخمر، أما الويسكي فيصنع من تقطير "الورت" المتخمر لبعض الحبوب.

هذا وتتعرض صناعة النبيذ والبيرة لبعض المتاعب الناشئة عن نمو ميكروبات معينة كالخمائر البرية والعفن والبكتيريا المنتجة للأحماض، حيث تحدث التعكير والمرارة والحامضية وسوء الطعم والرائحة مع زيادة نسبة الأحماض الطيارة غير المرغوبة كالأسيتيك والبيوتريك.

ثالثا- صناعة الكحول التجاري:

الكحول التجاري عبارة عن سائل عديم اللون يحتوي على نحو **٩٥.٥%** من كحول الإيثيل أو ما يعرف باسم الإيثانول (ك$_{٦}$ يد$_{٦}$ أ) وعلى نحو **٤.٥%** من الماء. وهو يُستخدم كوقود ومصدر للإنارة، وفي صناعة الإسترات والإثيرات والكلورفورم، وفي تنقية القلويات العضوية، وكمذيب للصموغ والراتينجات وغيرها من المواد العضوية، وفي تحضير الأصباغ والورنيشات والروائح العطرية، وهكذا هو مادة هامة جدا من الناحية الصناعية. ويمكن تحضيره من غاز الإيثيلين (ك$_{٢}$ بد$_{٤}$) بعد تحويله أولا إلى خليط من كبريتات الإيثيل [(ك$_{٢}$ يد$_{٥}$)$_{٢}$ كب أ$_{٤}$] وكبريتات الإيثيل الحامضية (ك$_{٢}$ يد$_{٥}$ يدكب أ$_{٤}$)، ثم تحليل هذا الخليط مائيا، كما يمكن تحضيره من غاز الأسيتيلين (ك$_{٣}$ يد$_{٢}$) بعد تحويله أولا إلى أسيتا لديها يد (ك$_{٢}$ يد$_{٤}$أ)، ثم إمرار أنجزه الأخير مع الأيدروجين فوق النيكل المسخن. غير أنه يحضر الآن على نطاق واسع عن طريق تخمير المحاليل السكرية بسلالات فعالة من الخميرة "السكرية كمولاس القصب والبنجر وسكر القصب وسكر البنجر وعصير أنواع من الفاكهة، وقد يكون بعض المواد النشوية كالحبوب النجيلية (الذرة، الشعير، القمح، الأرز.. إلخ) والبطاطس والبطاطا، وقد يكون بعض المواد السليولوزية كالخشب أو متخلفات عملية طبخ المواد السليولوزية الخام بمحلول كبريتيت الصوديم في صناعة الورق. ويكاد يكون المولاس المتخلف من صناعة سكر القصب أو البنجر هو المصدر الشائع

الاستخدام حيث يحتوي من السكر على ٤٨-٥٥% ومعظمه من سكر السكروز، أما المواد الأخرى وخصوصا النشوية والسليولوزية، التي لا بد من تحويلها أولا إلى مواد سكرية بالانحلال المائي عن طريق الإنزيمات أو الأحماض، فتستخدم على نطاق ضيق نسبيا وبالذات تحت ظروف خاصة، كما هو الحال في أوقات الحروب حيث تزداد الحاجة إلى الكحول.

وعند استخدام المولاس في صناعة الكحول يخفف بالماء حتى تصل نسبة السكر في المحلول الناتج إلى ١٠-١٨% (النسبة الملائمة ١٢%)، ثم تعدل درجة حامضيته (درجة تركيز أيون الأيدروجين) إلى ٤-٤.٥ بإضافة حامض الكبريتيك، وبعد تلقيحه بالكمية الكافية من الخميرة الفعالة وذات القدرة العالية في الوقت نفسه على تحمل درجات تركيز مرتفعة من الكحول الناتج، تضبط درجة الحرارة في أحواض التخمير بحيث تتراوح بين ٢١ و ٢٧° سنتيجراد طول الوقت الذي يبلغ نحو ٥٠ ساعة تحت الظروف اللاهوائية، ثم يستخرج الكحول من المحلول المتخمر بالتقطير. هذا ويتصاعد أثناء عملية التخمر ثاني أكيد الكربون الذي يجمع بعد تنقيته في أسطوانات تحت ضغط ليتحول إلى الصورة السائلة، ويستخدم هذا الغاز لأغراض شتى، منها صناعة المشروبات الغازية والحصول على ما يعرف باسم "الثلج الجاف". ويتكون أثناء عملية تقطير الكحول ما يعرف باسم "زيت الفيوزيل" الذي يكون ٠.١-٠.٧% من الكحول التجاري الخام، وهو خليط من كحول الأميل والأيزوأميل أساسيا مع كميات قليلة من كحول الأيزوبيول والبروبيل وآثار من الأحماض والإسترات والألديهيدات، ويستخدم في الغالب كمذيب.

ومما يجدر ذكره أن الكحول التجاري الذي يعرض في الأسواق للاستعمالات العادية هو "كحول محول"، حيث يحتوي على نحو ٩٠% من

الكحول الخام ونحو ١٠٪ في كحول الميثيل أو ما يعرف باسم "الميثانول" المنقي تنقية جزئية، وعلى كميات صغيرة من المواد الأخرى التي تكسبه اللون الأحمر والرائحة المميزة، وكل ذلك بغرض إفقاد صلاحيته كمشروب كحولي دون إحداث تأثير كبير في قيمته، مع تعذر تجزئته تماما بالتقطير. ولهذا تتقاضى الدولة عادة رسم إنتاج مرتفع على الكحول الخام أو الكحول المنقى أو الصرف، وكلاهما أبيض اللون، حيث يبلغ نحو عشرة أمثال رسم الإنتاج على الكحول المحول الأحمر اللون.

هذا وتحول المواد النشوية إذا أريد استخدامها في صناعة الكحول إلى مواد سكرية بإحدى الطرق الآتية:

(ا) **طريقة إضافة "المولت"**، وذلك بطحن الحبوب مثلا وطبخها تحت ضغط جوي مناسب، ثم إضافة كميات كافية من "المولت"، وهو كما ذكرنا عند الكلام عن صناعة البيرة يحتوي على إنزيم "الأميليز" الذي يحول المواد النشوية إلى سكر "مولتوز".

(ب) **طريقة استخدام "العفن" أو ما يعرف بطريقة "الأميلو"**، وذلك بنقع الحبوب مثلا عدة ساعات، وبعد تسخينها مع الماء تحت ضغط جوي مناسب بغرض تحويل النشا إلى الصور الذائبة، يحمض المخلوط بحامض الكلوردريك أو الكبريتيك، ثم يبرد ويلقح بسلالة نقية من العفن جنس "ميوكر" أو "ريزوبس" مثل "ميوكر روكسياي" و "ريزوبس جابونيكوس" و"ريزوبس ديليمار"، وهذا مع إمرار هواء معقم لمدة ٢٤ ساعة على درجة حرارة ٣٨° سنتجراد.

(ج) **طريقة استخدام "المستحضرات الإنزيمية"**، وذلك باختيار أنواع من العفن وعلى الأخص سلالات من مجموعة الـ "أسبرجللس فليفس أوريزا" لإنتاج

المستحضرات الإنزيمية، وهي طريقة نادرا ما تستخدم على المستوى الصناعي.

وتحول الأخشاب وغيرها من المواد السليولوزية إذا أريد استخدامها في صناعة الكحول أيضاً إلى مواد سكرية بالانحلال المائي عن طريق تسخينها مع محلول من حامض الكلوردريك أو الكبريتيك تحت ضغط جوي مناسب، ويحتوي المستخلص عادة على نسب متفاوتة من سكريات الجلوكوز والفركتوز والمانوز والجالاكتوز والزيلوز على حسب نوع الخشب أو المادة السليولوزية. وينشأ عادة عن عملية الانحلال المائي للمواد السليولوزية منتجات ثانوية كاللجنين الذي يمكن استخدامه كوقود أو كمصدر للفحم النقي، وكحامض الخليك والفورفور الذي جاء ذكره في مكان آخر.

وفي حالة استخدام السائل المتخلف من طبخ المواد السليولوزية مع كبريتيت الصوديوم أو ثاني كبريتيت الكالسيوم في استخراج لب الورق، تعادل أولا محتوياته من ثاني أكسيد الكبريت وأحماض الخليك والفورميك، وذلك بإضافة الجير الحي أو كربونات الكالسيوم، ثم يلقح بالخميرة التي سبق أقلمتها على المعيشة في هذا السائل الذي يتميز بتركيب خاص، حيث يحتوي على نسب مختلفة من اللجنين والمواد الكربوهيدراتية والبروتينية والشموع والدهون، فضلا عن ثاني أكسيد الكبريت المتحد مع اللجنين وأكسيد الكالسيوم المتحد مع حامض الليجنو سلفونيك، هذا وتشتمل المواد الكربوهيدراتية على سكريات الجلوكوز والمانوز والجالا كتوز، والبنتوزانات (الأرابيتوز).

رابعاً- صناعة الجليسيرين:

الجليسيرين أو الجليسيرول (ك٣ يد٨ أ٣) سائل غليظ القوام ذو مذاق واضح الحلاوة، وهو يستخدم في صناعة المراهم واللوسيونات والمواد المطهرة

والمواد اللاصقة وأنواع الحبر، وفي صناعة مادة الـ "نيتروجليسيرين" التي تدخل في تكوين المفرقعات والديناميت، وكذلك في صناعة المطاط التركيبي وغيره من الصناعات، فضلا عن أنه يستخدم كمذيب وكغذاء وكمادة حائلة دون التجمد. ويعتبر الجليسيرين أحد المنتجات الثانوية الهامة في صناعة الصابون، حيث يؤخذ نوع من أنواع الدهون أو الزيوت ويسخن مع كمية كافية من محلول الصودا الكاوية أو البوتاسا الكاوية، وبعد برهة يتكون محلول غروي يحتوي على الجليسيرين والأملاح الصوديومية أو البوتاسية للأحماض المختلفة التي كانت في الدهن أو الزيت مثل أحماض الستياريك والبلمتيك والأوليك، وبعد ذلك تضاف كمية من الملح العادي، (كلوريد الصوديوم) فتنفصل الأملاح على هيئة مادة متخثرة وهي الصابون عن محلول الجليسيرين والملح، ثم يقطر المحلول وينقي ويبخر تحت ضغط منخفض فينتج شراب سميك القوام وهو الجليسيرين. ويحضر الجليسيرين صناعة البترول بغاز الكلور لتكوي كلوريد الألليل (ك$_{٣}$ يد$_{٥}$ كل)، ثم معاملة الأخير بحامض الهيبوكلوروز (يد آكل) ليتحلل مائيا منتجا الجليسيرين. ويمكن تحضير الجليسيرين صناعياً أيضا عن طريق تخمير المحاليل السكرية بواسطة الخميرة "سكروميسز سرفيسيا"، وذلك على أساس تثبيت المركب الوسطي المعروف باسم "الأسيتالد يهايد" (ك٢ يد٤ أ) الذي يتكون أولا أثناء عملية التخمر الكحولي، فتتاح الفرصة للمركب الوسطي الآخر المعروف باسم الـ"ترايوز" (ك٢ يد٦ أ٣) من التحول مباشرة إلى جليسيرين، ويُجرى التثبيت بإضافة كبريتيت الصوديم كما فعل الألمان في الحرب العالمية الأولى، أو بإضافة مخلوط من كبريتيت الصوديم (ص٢ كب أ٣) وثاني كبريتيت الصوديوم (ص يد كب أ٣) كتعديل لطريقة كبريتيت الصوديوم بمفردها. أو بإضافة كربونات الصوديوم (ص$_{٢}$ ك أ$_{٣}$) كما اتُبع في أمريكا، هذا وفي جميع الحالات السابقة يجب أقلمة الخميرة المستخدمة حتى تعمل بنشاط في وجود تلك المواد المثبتة للأسيتا لديهايد.

خامساً- صناعة خميرة البيرة:

تصنع خميرة البيرة (سكر وميسز سرفيسيا) على نطاق تجاري من أجل استخدامها في صناعة الخبز كما سبق ذكره، أو من أجل استخدامها كمصدر للبروتين اللازم للإنسان والحيوان، حيث تحتوي وهي تامة الجفاف على نحو ٥٠% من البروتين الكامل من الناحية الحيوية (يراجع باب المتنوعات)، أو من أجل استخدامها كمصدر مباشر للفيتامينات أو لإنتاجها، حيث تحتوي على فيتامين ب١، ج فضلا عن مادة الإرجوستيرول التي تتحول بتعرضها للأشعة إلى فيتامين د (يراجع موضوع صناعة الفيتامينات والهرمونات والإنزيمات في هذا الباب)، أو من أجل استخدام محتوياتها من البروتين والحامض النووي في الأغراض الطبية، وذلك بعد استخلاصهما منها بطرق خاصة. وتصنع الخميرة عن طريق تخمير المحاليل السكرية بسلالات فعالة منها على نمط ما يتبع تقريبا في صناعة الكحول، وذلك فيما عدا توفير الأكسجين بدفع الهواء داخل أحواض التخمير حتى يتاح للخميرة الحصول على أكبر طاقة تلزم لنموها من أكسدة السكر أكسدة كاملة كما يتبين من المقارنة الآتية:

تحت الظروف الهوائية

سكر + أكسجين ← ثاني أكسيد كربون + ماء+ طاقة.

ك$_{٦}$ يد$_{١٢}$ أ$_{٦}$ + ٦ أ$_{٢}$ ← ٦ ك أ$_{٢}$ + ٦ يد$_{٢}$ أ + ٣٨٩ر٩ سعر حراري.

تحت الظروف اللاهوئية

سكر ← كحول + ثاني أكسيد كربون+ طاقة.

ك$_{٦}$ يد$_{١٣}$ أ$_{٦}$ ← ٣ ك $_{٢}$ يد$_{٦}$ أ + ٢ ك أ$_{٢}$ + ٢ , ٣١ سعر حراري.

ومن الطبيعي للحصول على إنتاج مرتفع من الخميرة أن نزود المحاليل السكرية بما يوفر للخميرة أقصى احتياجاتها من العناصر الغذائية والمواد المنشطة كالآزوت والفوسفور والفيتامينات وذلك في صورة كبريتات نشادر أو فوسفات نشادر أو يوريا، وأحد الأملاح الفوسفاتية، وأحد مصادر الفيتامينات كمستخلص بعض الخضروات والحبوب والخميرة أو الفيتامينات نفسها على حسب الظروف.

وعندما يصل نمو خلايا الخميرة أقصاه في أحواض التخمر تفصل من المحلول بالقوة المركزية الطاردة، ثم يزال ما يوجد بها من محلول زائد بالضغط والترشيح، وبعد أن تخلط بكميات قليلة من الزيت أو النشا والزيت تضغط وتشكل في صورة مناسبة وتُغلف، ثم تخزن على درجة حرارة منخفضة (من صفر إلى ٥° سنتيجراد) لحين استعمالها.

وتحتوي هذه الخميرة على نحو ٦٠ إلى ٧٠% من الماء، وعلى ذلك فهي قابلة للتلف عند درجات الحرارة التالية لدرجة الصفر، حيث تستمر في التنفس الذي يؤدي بطبيعة الحال إلى استهلاك الأغذية المخزنة ثم موت الخلايا وانحلالها، وأخيرا تتحول إلى قوام ناعم مع تغير الطعم والنكهة. وقد ينمو على سطح الخميرة أو في داخلها بعض الميكروبات كالعفن والخمائر البرية والأكتينومايسيتس إلى الحد الذي يؤدي إلى فسادها، غير أن ذلك يعود في الغالب إلى تلوث المواد الخام وأحواض التخمير وملحقاتها من أجهزة ومعدات ومواد التغليف، فضلا عن الهواء المستخدم لتوفير الأكسجين، ومن الممكن الحد من هذا التلوث باتباع الوسائل المعروفة من نظافة وتعقيم مناسب أو غيره.

هذا ويمكن حفظ الخميرة دون وضعها في أجهزة التبريد على درجة حرارة منخفضة، وذلك بتجفيفها ثم طحنها بحيث تحتوي على ٣ إلى ٤% من الماء،

وفي هذه الحالة تصبح الخلايا ميتة بحيث لايمكن استخدامها في صناعة الخبز، بل تستخدم فقط للأغراض الأخرى، غير أنه يمكن اتخاذ وسائل خاصة للإبقاء على حياة الخلايا أثناء عملية التجفيف، كإضافة البكتين وغيره من المواد الغروية إلى الخميرة، وكتعبئتها في عبوات تحت تفريغ أو استبدال الهواء بغاز ثاني أكسيد الكربون، وغير ذلك.

سادسا- صناعة الخل:

الخل سائل يحتوي من حامض الخليك (ك$_{٢}$ يد$_{٤}$ أ$_{٢}$) أو ما يعرف بحامض الأستيك أو حامض الأيثانوبك على نحو ٤%، ويُستخدم كمادة فاتحة للشهية على المائدة، وفي صناعة المخللات والمايونيز والمسطردة على نطاق تجاري. وهو يصنع عن طريق تخمير السوائل الكحولية المختلفة التي وردت فيما سبق ذكره من صناعات، وذلك تحت ظروف هوائية بواسطة ما يسمى بكتيريا حامض الخليك أو "الأسيتو باكتر" التي يعرف منها عدة أنواع هامة، ومن بينها الـ"أسيتاي" و"باستريانم" و"كتزنجييانم" و"زيلينم" و"شوتزنباخياي"، وجميعها هوائية حتما وتنمو بهيئة غشاء على سطح السوائل الكحولية، وهي غير متحركة ولا تكون جراثيم، وتختلف قليلا من الوجهة المورفولوجية (الشكل) حيث يوجد معظمها في سلاسل ويوجد البعض الآخر بأشكال خيطية أو غير منتظمة أو بيضية أو مستطيلة، كما تختلف في قدرتها على الإنتاج الكمي لحامض الخليك.

ومن أهم خواص بكتيريا حامض الخليك أنها تتوقف عن النمو متى وجدت في سائل يحتوي على نسبة من الكحول أعلى من ١٤%، غير أن انخفاض هذه النسبة إلى أقل من ٢% يؤدي إلى أكسدة حامض الخليك الناتج بواسطة البكتيريا نفسها كما يتبين من المعادلتين الآتيتين:

كحول+أكسجين ← حامض خليك + ماء.

ك$_{٣}$ يد$_{٦}$ أ + أ$_{٢}$ ← ك$_{٢}$ يد$_{٤}$ أ$_{٢}$ + يد$_{٢}$ أ.

حامض خليك+أكسجين ← ثاني أكسيد الكربون+ ماء.

ك$_{٢}$ يد$_{٤}$ أ$_{٢}$ + ٢ أ$_{٢}$ ← ٢ك أ$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ أ.

وهناك عدة طرق لصناعة الخل وهي:

(أ) **الطريقة المنزلية وطريقة "أورليايز"**، وتستخدم فيها براميل خشبية تملأ جزئيا بالسائل الكحولي (النبيذ وأشباهه عادة)، وتوضع مرتكزة على جانبيها حتى يتعرض أكبر سطح ممكن من السائل للهواء، وتعمل بعمل فتحة من الجانب العلوي للتهوية. ويلقح السائل بقطعة من الغشاء الذي يتكون على سطح أي سائل كحولي يتعرض للهواء، وهو الغشاء الذي يعرف باسم "أم الخل"، أو يلقح بقليل من الخل الحديث غير المعقم أو بمزرعة نقية من البكتيريا. وإذا أدخلت على البراميل التعديلات التي تتيح إضافة سائل كحولي جديد وسحب السائل المتخمر أصبحت الطريقة صالحة لكي تكون تجارية، وتعرف بطريقة "أورليانز".

(ب) **الطريقة السريعة،** وتستخدم فيها أسطوانات خشبية طويلة عمودية الوضع، والأسطوانة مجهزة بقرصين مثقبين، أحدهما على بعد بضع بوصات من القاع، وثانيهما على بعد مماثل من قمتها، ومركب في أعلاها رشاش ذاتي الحركة وفتحة سفلية لدخول الهواء وأخرى علوية لخروجه، وفي أسفلها صنبور لسحب السائل المتخمر. ولتشغيل الأسطوانة يملأ الفراغ المحصور بين القرصين بنشارة الخشب التي تلقح بمزرعة نقية من بكتيريا الخل أو بخل جيد، ثم يضاف السائل الكحولي بحيث يسقط على النشارة من الرشاش

فينتشر خلالها ويتأكسد، وأخيرا يمر من ثقوب القرص السفلي ويتجمع في القاع حيث يسحب بواسطة الصنبور، ومن المعتاد أن يتم تحويل السائل الكحولي إلى خل بمروره في الأسطوانة مرتين إلى خمس مرات أو بمروره في عدة أسطوانات من هذا النوع، ومن المعتاد كذلك أن تظبط درجة الحرارة بين ٣٥، ٣٨^{o}سنتجراد مع الاستعانة بالترموتر الذي يركب بجانب الأسطوانة.

ويعتق الخل في الغالب لمدة من الوقت لا تقل عن ستة شهور حتى تكتمل نكهته ويفقد طعمه العفن الناشيء عن وجود بعض الكحولات والأسيتالديهايد والأحماض، حيث تحدث به عدة تغيرات كيميائية من شأنها تكوين " أسيتات الإيثيل" ومركبات أخرى. وقد يروق الخل بالترشيح أو باستخدام بعض المواد المجمعة للغرويات، وقد يعقم بطريقة "البسترة" قبل تعبئته في الأواني التي يجب أن تكون من الخشب أو الألومنيوم أو المطاط الثقيل أو الورق المضغوط، حيث أن الأواني المصنوعة من الحديد أو الزنك أو النحاس تكون قابلة للتآكل بفعل حامض الخليك، الأمر الذي يؤدي إلى تلف الخل وعلى الأخص في حالة الزنك الذي يتحول إلى مادة أسيتات الزنك السامة.

سابعا- صناعة الأسيتون وكحول البيوتيل العادي:

الأسيتون (ك$_{٣}$ يد$_{٦}$ أ) أو ما يعرف باسم "البروبانون" أو "كيتون ثنائي الميثيل" سائل عديم اللون له رائحة خاصة مميزة، ويستخدم في تحضير اليودوفورم والكلوروفورم والبروموفورم، كما يستخدم كعامل مذيب في صناعة البويات وطلاء الطيارات، وفي صناعة الحرير والجلد الصناعي وأفلام الفوتوغرافيا والبارود وغير ذلك. ويمكن صناعته بتقطير خلات الكالسيوم [كا(ك$_{٢}$ يد$_{٣}$ أ$_{٢}$)$_{٢}$] أو من غاز الأسيتيلين (ك$_{٢}$ يد$_{٢}$) أو كحول الأيزوبروبيل (ك$_{٣}$ يد$_{٨}$ أ)

بطريق خاصة. وكحول البيوتيل العادي (ك٤ يد٤ أ) يتكون أثناء صناعة كحول الإيثيل بعملية تخمير المحاليل السكرية، ويستخدم كمذيب في صناعة البويات فضلا عن أنه يدخل هو أو بعض مشتقاته في كثير من الصناعات الكيميائية.

وقد كانت صناعة المطاط التركيبي بدلا من المطاط الطبيعي أو بمعنى آخر المطاط النباتي تعتمد في الماضي على "بلمرة" ما يعرف باسم "الأيزوبرين" الذي يمكن تحضيره من كحول الأيزوأميل (ك٥ يد١٢ ا) أو على "بلمرة" ما يعرف باسم "البيوتادين" الذي يمكن تحضيره من كحول البيوتيل العادي.

وكحول الأيزوأميل هو أحد محتويات زيت الفوزيل (١٣%) السابق الذكر، أما كحول البيوتيل العادي. فقد توصل بعض الميكروبيولوجيين في سنة ١٩١١ إلى إنتاجه من نشا البطاطس بجانب كحول الأميل والإيثيل والأسيتون عن طريق أحد أنواع البكتيريا، إلى أن جاء "وايزمان" فاكتشفت في سنة ١٩١٢ البكتيريا التي أطلق عليها اسم "كلوستريديوم أسيتوبيوتيليكم" حيث وجدها قادرة على تخمير المواد النشوية الأخرى مع إنتاج كمية كبيرة من الأسيتون، وبقيام الحرب العالمية الأولى أعطى ذلك العالم الصهيوني سر اكتشافه إلى إنجلترا، فاستطاعت باستغلاله صناعيا أن توفر الأسيتون للأغراض الحربية (صناعة البارود والمفرقعات وصناعة طلاء أجنحة الطيارات) مما كان له أثر كبير في إصدار وعد "بلفور" المشهور الخاص بفلسطين العربية المسلوبة، وهكذا استغل المستعمرون العلم القدسي، لالنفع البشرية بل لبغيهم وعدوانهم.

وتتلخص صناعة الأسيتون وكحول البيوتيل العادي في طحن الحبوب عقب إزالة أجنتها (تستغل الأجنة في استخراج محتوياتها من الزيت)، وبعد أن تخلط بقدر معين من الماء لتبلغ نسبتها فيه بين ٦، ٩% تطبخ بالبخار تحت ضغط ٣٠ رطل على البوصة المربعة، وذلك لمدة ساعتين كوسيلة للتعقيم ولإذابة

النشا، ثم يبرد المخلوط إلى نحو ٣٧°سنتجراد ويوجه إلى خزانات التخمير اللاهوائية حيث يلقح بالبكتيريا. ويعطي المخلوط في مدة تتراوح بين ٤٨، ٧٢ ساعة نحو ٣٠ إلى ٣٣% من الأسيتون وكحول البيوتيل وكحول الإيثيل بنسبة ٣٠: ٦٠: ١٠، ويلاحظ أن كحول البيوتيل هو أكثر المذيبات الثلاثة إنتاجا، ولهذا لم تؤثر قلة الحاجة إلى الأسيتون عقب الحرب العالمية الأولى في استمرار تلك الصناعة، وذلك لأهمية كحول البيوتيل (أو خلات البيوتيل الناتجة من تفاعل الكحول مع حامض الخليك) كمذيب في صناعة البويات، حيث يتفوق على كحول الأميل (أو خلاث الأميل).

هذا ويمكن استخدام المولاس وعديد من المواد الكربوهيدراتية كخامات أولية في صناعة الأسيتون وكحول البيوتيل مع تخير السلالات المناسبة من بكتيريا حامض البيوتريك جنس كلوستريديوم التي تعطي حامض البيوتريك والأسيتيك كمركبات وسطية أولا ثم كحولات وأسيتون في النهاية. وتوجد صعوبات يُراعى العمل على تفاديها في هذه الصناعة، ومن أهمها التلوث ببكتيريا حامض اللاكتيك التي تجعل درجة تركيز أيون الأيدروجين بالبيئة منخفضة إلى حد غير ملائم للإنتاج.

ثامنا- صناعة الأحماض العضوية:

للميكروبات القدرة على تكوين كثير من الأحماض العضوية، غير أن القليل من هذه الأحماض هو ما ينتج صناعيا على نطاق واسع كما يلي:

١- صناعة حامض اللاكتيك:

حامض اللاكتيك (ك$_{٣}$ يد$_{٦}$ أ$_{٣}$) أو ما يعرف بحامض الـ" ألفا– هيدروكسي بروبيونيك" سائل حامضي ثخين قابل للامتزاج بالماء، وهو يستخدم في عمليات

الصباغة والدباغة، كما يضاف إلى بعض المواد الغذائية لتحسين رائحتها ونكهتها أو لحفظها من التلف، وتعتبر مشتقاته ذات أهمية كبيرة، فلاكتات الإيثيل من المذيبات الصناعية الرئيسية، ولاكتات الكالسيوم من المواد المستخدمة في تحضير الأدوية وفي صناعة الخبز. وهذا الحامض، وإن كان من الممكن صناعته عن طريق التخليق الكيميائي، فإنه من الممكن صناعته على نطاق تجاري عن طريق تخمير المحاليل السكرية بواسطة بكتيريا حامض اللاكتيك التي يعرف منها عدة أنواع، ومن بينها الـ "لاكتوباسيللس ديلبروكياي" والـ "لاكتوباسيللس كازي" والـ "لاكتوباسللس ليخمانياي" والـ "لاكتوباسيللس بلجاريكوس" والـ "ستربتوكوكس لاكتس"، وجميعها يعطي بصفة أساسية حامض اللاكتيك دون تكوين حامض الخليك والإيثانول والجليسيرول، كما هو الحال بالنسبة إلى الأنواع الأخرى من بكتيريا حامض اللاكتيك. وتستخدم الـ "لاكتوباسيللس بلجاريكوس" والـ "لاكتوباسيللوس كازاي" والـ "ستربتوكوكس لاكتس" في حالة تخمير اللبن الخض والشرش المحتويين على سكر اللاكتوز، وتستخدم الـ "لاكتوباسيللس ديلبروكياي"والـ"لاكتوباسيللس ليخمانياي" أو الـ "لاكتوباسيللس بلجاريكوس" في حالة تخمير المحاليل السكرية المحتوية على سكر الجلوكوز أو المولتوز، وعلى ذلك تستخدم الـ "لاكتوباسيللس بلجاريكوس" مع غيرها كالـ "لاكتوباسيللس بلجاريكوس" في حالة تخمير المواد النشوية (البطاطس والحبوب) المتحللة مائيا، وهي المحتوية على سكر المولتوز والجلوكوز.

هذا ويعتبر شرش اللبن والمولاس، لرخص ثمنها، من أهم المواد المستخدمة في صناعة حامض اللاكتيك. ومن الضروري أن يضاف أثناء التخمر كربونات الكالسيوم أو كربونات الزنك لمعادلة الحامض المنفرد أولا بأول، وبذلك يتكون ملح لاكتات الكالسيوم أو ملح لاكتات الزنك. و يفصل الملح المتكون

بالترشيح لبلورته كما هو أو لتحويله إلى حامض لاكتيك، وذلك بإضافة حامض الكبريتيك المخفف في حالة ملح لاكتات الكالسيوم أو بمعاملته كبريتور الأيدروجين في حالة ملح لاكتات الزنك، أما حامض اللاكتيك الناتج فيحصل عليه بالتقطير تحت ضغط منخفض، ثم يُنقى بالطرق المناسبة.

٣- صناعة حامض الستريك

حامض الستريك ($ك_{٦}$ $يد_{٨}$ $أ_{٧}$) أو ما يعرف بحامض الليمونيك يوجد بحالة مجردة في عصارة الكثير من الفواكه وعلى الأخص الموالح، ويحضر صناعيا بمعادلة عصير الليمون بكربونات الكالسيوم لتكوين ملح سترات الكالسيوم، ثم معاملة هذا الملح بحامض الكبريتيك المخفف لتكوين كبريتات الكالسيوم وحامض الستريك، وبالترشيح ثم بتبخير المترشح تتكون بلورات شفافة كبيرة هي حامض الستريك، وهو يستخدم في الأغراض الطبية (كسترات أو غيرها)؛ وفي الأغذية والمشروبات، وفي كثير من الصناعات (الدباغة والطباعة وغيرها). هذا وهو يحضر صناعيا كذلك على نطاق واسع عن طريق تخمير المحاليل السكرية، وعلى الأخص المحتوية على سكر السكروز أو الفركتوز أو الجلوكوز، وذلك بتأثير نوع من أنواع العفن، وهو ما يعرف باسم ال"أسبرجلس نيجر". ومن المعتاد أن تزود المحاليل السكرية المستخدمة ببعض الأملاح المعدنية وأملاح النشادر أو النترات اللازمة لنمو العفن، وأن يضبط رقمها الأيدروجيني عند ٣,٥ أو أقل بواسطة حامض الكلوردريك، وذلك لتسهيل عملية تعقيم المحاليل السكرية بالحرارة، فضلا عن منع تجرثم العفن وتكون حامض الأكساليك بكميات كبيرة أثناء عملية التخمير التي تتلخص في وضع المحاليل السكرية في أواني غير عميقة من الألومنيوم، ثم تلقيحها بجراثيم العفن ووضعها على درجة حرارة تتراوح بين ٢٥ إلى ٣٥° سنتيجراد، وبمضي إلى ١٠ أيام يستخلص

حامض الستريك بنفس طريقة استخلاصه من عصير الليمون.

٣ – صناعة حامض الجلوكونيك

حامض الجلوكونيك ($ك_{٦}$ $يد_{١٢}$ $أ_{٧}$) يمكن صناعته من أكسدة سكر الجلوكوز بطرق كيميائية خاصة، غير أنه يمكن صناعته بتأثير سلالات خاصة من العفن جنس أسبرجلس أو بنيسيلوم في المحاليل التي تحتوي على نحو ١٠ إلى ١٥٪ من الجلوكوز، وذلك بطريقة تشبه طريقة صناعة حامض الستريك. هذا ويستخدم حامض الجلوكونيك في الأغراض الطبية، حيث تتفوق جلوكونات الكالسيوم على لاكتات الكالسيوم كمصدر لإمداد جسم الإنسان بالكالسيوم اللازم في الأحوال العلاجية.

٤ – صناعة أحماض أخرى

يمكن بطرق ميكروبيولوجية إنتاج أحماض أخرى كالبروبيونيك والفيوماريك والكوجيك والإيتاكونيك والأكساليك والسكسنيك والجاليك، ومن المحتمل أن تكون في يوم ما طرقا صناعية على النطاق التجاري.

تاسعا- صناعة المخللات:

صناعة المخللات من الصناعات المنزلية القديمة، غير أنها تطورت حتى أصبحت في الوقت الحاضر من الصناعات التجارية المنتشرة في معظم أنحاء العالم، وهي في الواقع إحدى وسائل حفظ بعض الخضروات وأشباهها، كالخيار والبصل والطماطم والفلفل والبنجر والكرنب والقنبيط والليمون والزيتون، وذلك بتأثير حامض اللاكتيك الذي تنتجه بكتيريا خاصة من بعض السكريات التي تنساب من أنسجة الخضروات إلى المحلول الملحي الذي يستخدم عادة في عملية التحليل.

ويمكن القول بصفة عامة أن التخليل يمر بثلاث مراحل متتابعة من الناحية الميكروبيولوجية.

(أ) **مرحلة البكتيريا الكروية المولدة للغازات، ومنها البكتيريا المعروفة باسم "ليكونوستوك ميزنتيرويدز"**، وفي هذه المرحلة يتم تحويل بعض السكريات إلى حامض لاكتيك وأستيك وكحول إيثانول ومانيتول وغاز ثاني أكسيد الكربون، وتصل بذلك درجة الحامضية الكلية للمحلول الملحي إلى رقم يتراوح بين ٠,٧ و ١,٠% (محسوبة على أساس حامض لاكتيك) مما لا يتناسب مع نشاط هذه البكتيريا فتقف عن النمو والعمل.

(ب) **مرحلة البكتيريا المصرية غير المولدة للغازات، ومنها البكتيريا المعروفة باسم "لاكتوباسيللس بلانتارم"**، وفي هذه المرحلة يتم تحويل بعض السكريات المتبقية والمانيتول المتكون في المرحلة السابقة إلى حامض لاكتيك، وتصل بذلك درجة الحامضية الكلية للمحلول الملحي إلى رقم يتراوح بين ١,٥ – ٢,٠%.

(جـ) **مرحلة البكتيريا العضوية المولدة للغازات، ومنها البكتيريا المعروفة باسم "لاكتوباسيللس بريفز"**، وفي هذه المرحلة يكتمل تخمر السكريات، وتصل بعد ذلك درجة الحامضية الكلية للمحلول الملحي إلى نحو ٢,٤%.

وهذه المراحل المتتابعة قد لا تحدث على النمط السابق دائماً نظراً لاختلاف درجة تركيز المحلول الملحي باختلاف الخضروات المراد تخليلها، غير أنه من المرجح أن تحدث المرحلة الوسطى في جميع الأحوال. ولا تدعو الحاجة عادة إلى استخدام بادئات من البكتيريا، فهي توجد عالقة أصلا بالخضروات كما يوجد غيرها من مجموعات بكتيريا التربية والجزائر المختلفة، وتهلك هذه المجموعات بسبب غياب الهواء في أواني التحليل وارتفاع الحامضية في المحلول

الملحي، فلا يكون لديها الفرصة للتأثير في مكونات الخضروات من البروتينات أو التأثير في حامض اللاكتيك المتكون في بداية التخمير.

هذا وتكون الأحماض مع الكحول الناتج من تخمير السكريات إسترات تكسب المخللات النكهة الخاصة، علاوة على النكهة والطعم اللذين ينشآن عن إضافة "الشبت" والخل والتوابل المختلفة.

عاشرا- صناعة الألبان المتخمرة والجبن:

تعتبر صناعة الألبان المتخمرة والجبن، من أقدم الصناعات التي مارسها الإنسان في العالم كله، وهي في الواقع إحدى وسائل حفظ اللبن الخام، وإن كانت تهدف في نفس الوقت إلى الحصول على منتجات لبنية ذات صفات خاصة من حيث الطعم والنكهة والقيمة الغذائية.

واللبن الزبادي هو أشهر أنواع الألبان المتخمرة التي تعرف بأسماء عريقة في القدم ببعض البلاد، مثل "اليوغرت" و"الكفير" و"الكومس"، وهي تتشابه إلى حد كبير فيما عدا أنواع البكتيريا المستخدمة في صناعتها، وهى التي تحول سكر اللاكتوز المحتوي عليه اللبن إلى حامض لاكتيك، ففي "اليوجرت" تستخدم بكتيريا الـ "لاكتوباسيللس بلجاريكس" مع بكتيريا الـ "ستريتوكوكس ثيرموفيلس"، وفي "الكفير" تستخدم أنواع من الخمائر المنتجة للكحول من سكر اللاكتوز بجانب بكتيريا حامض اللاكتيك، وفيما يطلق عليه "لبن الأسيدوفيلس" تستخدم بكتيريا الـ "لاكتوباسيللس أسيدوفيلس". هذا ويمكن القول بصفة عامة أن "خميرة" اللبن الزبادي التي تستخدم عادة في صناعته تحتوي في الغالب على بكتيريا ال "ستربتوكوكس لاكتس" مع نوع من البكتيريا المنتجة لبعض المواد الطيارة التي تعطي النكهة والطعم المرغوبين. واللبن الرايب هو أحد أنواع الألبان المتخمرة المعروفة في ريف مصر، حيث يوضع اللبن الخام (الكامل الدسم) في أواني فخارية (شوالي أو متارد أو دساتر)، ويترك بعض

الوقت لتطفو القشدة (يطلق على هذه العملية اسم الترقيد)، حيث تفصل، وفي أثناء ذلك يتخمر اللبن أو بمعنى آخر يتحول سكر اللاكتوز إلى حامض لاكتيك وربما إلى أحماض أخرى وكحول وغازات، وذلك بتأثير بكتيريا حامض اللاكتيك التي توجد به أصلا أو التي توجد بالأواني أو التي تتطرق إليه من الهواء، وهي غالباً تنتهي إلىأربع مجموعات: مجموعة الـ "ستربتو كوكاي" (إستربتوكوكس لاكتس)، ومجموعة الـ "لاكتوباسيللاي" (لاكتوباسيللس كازاي)، ومجموعة الـ"كولاي" أو ما يعرف بمجموعة "بكتيريا القولون" (إشيريشيا كولاي وإيرو با كتر إيروجنيس)، ومجموعة الـ "ميكرو كوكاي" (ميكروكوكس لاكتس أسيداي). ويتوقف وجود المجموعتين الأخيرتين على نظافة عملية الحليب وكذلك نظافة الأواني، وهما تحدثان تخمرات غير مرغوب فيها، ولهذا يطلق على البكتيريا المنتمية إليهما اسم "بكتيريا حامض اللاكتيك غير الحقيقة". هذا وفي الطور الأخير من التخمر يتم تجبن بروتينات اللبن (الكازين أساسيا) بفعل حامض اللاكتيك المتكون، ويستخدم اللبن الرايب كما هو أو يستخدم في صناعة "الجبن القريش". ولبن الزيرهو أحد الألبان المتخمرة المعروفة أيضاً في مصر، وهو يشبه اللبن الرايب تقريبا فيما عدا أنه ينتج من اللبن الكامل بعد خضه وفصل قشدته في "القرب" ثم وضعه في الأزيار ليكتمل تخمره ويتم تركيزه، وهو يستخدم في صناعة "الكشك".

وهناك أنواع كثيرة من الجبن، وجميعها يصنع من الخثرة التي تنشأ من تجبن اللبن بفعل حامض اللاكتيك الناتج من تخمر سكر اللاكتوز، أو بفعل "المنفحة" (يحصل عليها تجاريا باستخلاصها من المعدة الرابعة للعجول الرضيعة) التي تحتوي على إنزيم الـ "رينين"، أو بفعلهما معا. وتعامل الخثرة عادة بعد فصل الشرش معاملات خاصة من حيث إضافة القدر المناسب من الملح وإزالة الفائض من الشرش والتعريض للحرارة ثم التشكيل وأخيراً الإنضاج، ولذا تعرف

أنواع كثيرة من الجبن، ومنها الطري والنصف اليابس واليابس. وللميكروبات، سواء وجدت أصلا وبأعداد قليلة في اللبن أو أضيفت إليه كبادئات، لها وظيفتان أساسيتان في صناعة الجبن:

الأولى هي تكوين الحامض ومعاونة المنفحة على تجبن اللبن (تحويل الكازين إلى باركازين).

والثانية هي نضج الجبن بواسطة إنزيمات البكتيريا وإنزيم الببسين الموجود بالمنفحة. ويؤدي النضج إلى تغيرات تشمل كل المركبات الآزوتية الموجودة بالخثرة، حيث تتكون الأحماض ثم تعادل مع الكازين والكالسيوم والأمونيا (من إنحلال الكازين) فتقل الحامضية، ويتحول الكازين إلى مركبات ذائبة، كما تتحول أملاح اللاكتات إلى مركبات طيارة وغاز ثاني أكسيد الكربون، وهذا غير ما يصيب الدهن من تغيرات، فيكتسب الجبن بذلك نعومة خاصة فضلا عن الطعم والنكهة المرغوبين. وأغلب الميكروبات التي تتدخل في نضج الجبن هي من الأنواع التي سبق ذكرها في صناعة اللبن الزبادي، فضلا عن بعض أنواع من العفن مثل الـ "بنيسيليوم روكيفور تاي" الذي يستخدم في جبن "الروكفور"

حادي عشر- صناعة الإنزيمات:

الإنزيمات، كما جاء ذكرها في البابين الأول والثاني، هي مواد بروتينية يفرزها بروتوبلازم الخلية الحية لتقوم بوظيفة العوامل المساعدة للتفاعلات الكيميائية التي تحدث في المواد الغذائية. وقديماً استُخدم بعضها في الصناعة ولم تكن طبيعتها ووظيفتها قد عرفت بعد على حقيقتها، حيث استُخدم مولت الشعير لتحويل نشا الحبوب إلى سكر مولتوز في صناعة البيرة، واستُخدم روث

بعض الحيوانات لتجهيز الجلود في صناعة الجلد. وما إن عرفت ماهيتها حتى حضرت منها أنواع في صور غير نقية من بعض الأنسجة الحيوانية والنباتية، كغدة البنكرياس والمولت وفاكهة الباباز، حيث استُخدمت في صناعة النسيج والجلد والبيرة وغيرها، ثم بذلت المحاولات للحصول عليها في صورة أنقى وبتكاليف أقل ومن مصادر متوافرة، فوُجد أن بعض الميكروبات تنتج إنزيمات تشبه في تأثيرها "أميليزات" المولت وغدة البنكرياس أو "بروتييزات" غدة البنكرياس وفاكهة الباباز، وبذلك تقدمت بحوث وإنتاج الإنزيمات الميكروبية على نطاق تجاري.

ويفرز كل ميكروب عدداً كبيراً من الإنزيمات الهيدروليتية والمؤكسدة والمختزلة، غير أن نسبة هذه الإنزيمات فيما بينها تختلف بدرجة ملحوظة باختلاف أنواع البكتيريا بل وباختلاف سلالات النوع الواحد، وعلى ذلك تختار – في حالة الإنتاج التجاري– السلالات التي لها القدرة العالية على إفراز الإنزيمات المرغوبة، وفيما يلي بعض الإنزيمات التجارية ومصادرها:

المصدر	الإنزيمات	اسم الميكروب
الفطريات	أمليزات	أسبرجللس أوريزا
"	جلوكسيديزات	" فلافس
"	بروتيزات	" نيجر
"	بكتينيرات	" "
"	جلوكوز أوكسيديز	بنيسيليوم نوتاتم
"	كاناليز	اسبرجللس نيجر
البكتيريا	أميليزات	باسيللس ستلس
"	بنيسيللينيز	" "
الخميرة	إنفوتيز	سكروميسز سرفيسيا
"	لاكتيز	" فراجيليس

ولإنتاج الإنزيمات الفطرية يمكن استخدام ردة القمح كما هي أو بعد تقييمها بالبخار، على أن يضاف إليها بعض الأملاح المغذية والمواد المنظمة لرقمها الأيدروجيني، ثم تلقح بجراثيم العفن وتنشر في صواني، ثم توضع في محاضن على درجة حرارة ورطوبة ملائمتين، وتستبدل الصواني بالأسطوانات المتحركة دائرياً ببطء في بعض الأحوال. ولإنتاج الإنزيمات البكتيرية يمكن استخدام الطريقة السابقة طريقة "المزرعة السائلة السطحية" في الأواني العادية المناسبة. غير أن الشائع الآن هو إنتاج الإنزيمات الفطرية والبكتيرية بطريقة "المزرعة المغمورة"، حيث تستخدم أحواض عميقة مجهزة بما يسمح بدفع الهواء المعقم فيها وتحريك البيئات السائلة التي توضع فيها. هذا وتستخلص الإنزيمات عموما بالترشيح، ثم الترسيب عن طريق إضافة بعض المواد المذيبة كالأسيتون أو الكحولات، ثم التجفيف عن طريق التبخير تحت تفريغ (درجة حرارة منخفضة)، أما استخداماتها في الصناعة فسيتضمنها ما يأتي:

١- الأميليزات

الأميليزات أو ما يعرف باسم الـ "دياستيزات"، هي من إنزيمات "الكربوهيد ريزات" التي تحلل المواد الكربوهيدراتية تحليلاً مائياً إلى مواد أبسط منها، وهي أربعة أنواع:

الأول، هو الـ "ألفا – أميليز"، و يحلل النشا تحليلاً مائياً إلى "دكسترينات" وسكر مولتوز.

والثاني، هو الـ "بيتا – أميليز"، ويحلل النشا تحليلاً مائياً إلى "سكر مولتوز".

والثالث، هو الـ "دكسترينيز"، وهو يحلل الدكسترين تحليلاً مائياً إلى سكر مولتوز.

والرابع، هو الـ "أميلوجلوكو سيديز"، ويحلل النشا أو الدكسترينات إلى سكر جلوكوز. هذا وتستخدم الأميليزات في كثير من الصناعات كصناعة المنسوجات (التنشية والإزالة الجزئية للنشا)، والورق (تحضير النشا للتغطية)، والبيرة (تعويض النقص في أميليزات الموت أو الترويق)، والكحول (تحويل نشا الحبوب إلى سكر) والخبز (تعويض النقص في أميليزات الدقيق)، والشوكولاته (منع التصلب)، وعصير الفاكهة وأشباهه (إزالة النشا والترويق)، والأدوية (الهضم). وغير ذلك.

٢- البروتييزات:

البروتييزات هي من الإنزيمات "البروتيوليتية" التي تحلل المواد البروتينية تحليلا مائيا إلى مواد أبسط منها كالببتونات والبوليببتيدات والأحماض الأمينية، وهي تستخدم في الصناعة سواء كانت من أصل نباتي (فاكهة الباباز مثلا) وحيواني (غدة البنكرياس – إنزيم اليسين والتربسين) أو من أصل ميكروبي، فهي تستخدم في صناعة البيرة (إزالة العكارة)، والخبز (اكتساب المرونة) واللحوم المحفوظة (تطرية الأنسجة)، والمنسوجات (تليين منسوجات الرايون والحرير)، والجلد (إزالة شعر الجلود الخام بعد عملية وضعها في الجير)، والتنظيف على الجاف (إزالة بقع اللبن والبيض والدم من الملابس)، وأفلام الفوتوجرافيا (استخلاص الفضة عن طريق إذابة طبقة الجيلانين من الأفلام المستهلكة)، والأدوية (الهضم ومعالجة الالتهابات وتجلط الدم)، وغير ذلك.

٣- البكتينيزات

البكتينيزات هي من إنزيمات "الكربوهيدريزات"، وهي تحلل البكتينات الغروية بطبيعتها تحليلاً مائياً إلى سكريات وأحماض يوررونية، ولهذا تستخدم في

صناعة النبيذ و عصير الفواكه (الترويق) وغيرها.

٤- الإنفرتيز واللاكتيز

الإنفرتيز واللاكتيز هما من إنزيمات "الكربوهيدريزات"، والأول يحلل سكر السكروز تحليلاً مائياً إلى سكر جلوكوز وفركتوز، ولهذا يستخدم في صناعة الحلويات وأشباهها لمنع بلورة السكر، والثاني يحلل سكر اللاكتوز تحليلاً مائياً إلى سكر جلوكوز وجالاكتوز، ولهذا يستخدم في صناعة "الأيس كريم" لمنع تحببها أو ترملها، وغير ذلك.

٥- أكسيديز الجلوكوز والكاتاليز:

أكسيد الجلوكوز إنزيم يحول سكر الجلوكوز في وجود الأكسجين إلى حامض جلوكونيك وفوق أكسيد الأيدروجين، أما الكاتاليز فهو إنزيم يحول فوق أكسيد الأيدروجين إلى ماء وأكسجين، وهما يوجدان معاً كمستحضر فطري يستخدم في صناعة الأغذية المحفوظة والجبن، حيث يوضع القليل منه مع سكر الجلوكوز في الأغذية قبل حفظها في العلب، وحيث تُغطى الطبقات الداخلية للفافات الجبن بالقليل من سكر الجلوكوز أيضاً، وبذلك يزول الأكسجين الذي يسبب فساد الأغذية المحفوظة أو الجبن أو يسبب تآكل العلب هكذا:

جلوكوز + أكسجين + ماء أكسيديز الجلوكوز حامض جلوكونيل

←

+ فوق أكسيد الايدروجين

ك٦ يد١٢ أ٦ + أ٢ + يد٢ أ أكسيديز الجلوكوز ك٦ يد١٢ أ٧ + يد٢ أ٢

←

فوق أكسيد الأيرروجين كاتاليز ماء + أكسجين

←

يد٢ ا٢ ← ٢يد٢ا+ا٢

ننتيجة التفاعل النهائية هي:

أكسيديز الجلوكوز

جلوكوز + أكسجين ⟵ حامض جلوكونيك

كاناليز

أكسيديز الجلوكوز

٢ك$_{٦}$يد$_{١٢}$أ$_{٦}$+أ$_{٢}$ ⟵ ٢ك$_{٦}$يد$_{١٢}$أ$_{٧}$

كاناليز

هذا ومن المنتظر أن لا يقف الإنتاج التجاري للإنزيمات الميكروبية عند حد، فسيزداد عددها بما يتناسب مع الأنواع العديدة التي تفرزها الميكروبات المختلفة، وستزداد استخداماتها الصناعية والطبية بما يتناسب مع التقدم الحديث في كل ميدان.

ثاني عشر- صناعة الهرمونات:

الهرمونات، كما جاء ذكرها في الباب الأول، هي مواد كيميائية معقدة تسيطر على الوظائف الحيوية الهامة في جميع الكائنات الحية، وقد عرف عنها الكثير في الحيونات الفقرية فقط وبالذات في الثدييات منها، حيث تفرزها غدد خاصة تعرف بالغدد الصماء أو القنوية. وكان من الطبيعي أن تتجه الجهود إلى تحضير هذه الهرمونات صناعياً للأغراض العلاجية، فأمكن تحضير بعضها عن طريق الاستخلاص من عدد الحيوانات الصالحة، كهرمون الثيروكسين من الغدة الدرقية، وهرمون الأدرينالين والكورتيكوستيرون من الغدة الكظرية أو غدة فوق الكلية، وهرمون الإنسولين من الغدة البنكرياسية.كما أمكن تحضير البعض الآخر –بعد أن عرف تركيبها– عن طريق التخليق الكيميائي، كهرمون الأدرينالين، وهرمونات الأندروستيرون والتستوستيرون والأستروجينات، وغيرها.

ويعتمد التخليق الكيميائي لبعض الهرمونات على تحضير ما يعرف بال "إستيرولات" التي توجد أصلاً في أجسام الحيوانات والنباتات، ومنها فيتامين د والكولسترول والهرمونات المختلفة بما في ذلك الكورتيزون. أما تحضير هذه الإستيرولات في صورة كاملة فمحفوف بالمصاعب، حيث أنها عبارة عن مركبات حلقية ذات وزن جزئي مرتفع، غير أن هناك أنواعاً قليلة من العفن والخمائر والبكتيريا لها القدرة على إضافة أو إزالة ذرة من الأيدروجين أو الأكسجين أو مجموعة الهيدروكستيد (أيد–) مما يوجد بالإستيرولات المحضرة في صورر جزئية فيتم بذلك الحصول على بعض الهرمونات المرغوبة.

ثالث عشر- صناعات الفيتامينات:

الفيتامينات، كما جاء ذكرها في الباب الأول، هي مواد كيميائية معقدة توجد بمقادير متفاوتة في جميع أجسام الكائنات الحية دون استثناء حيث ترتبط بمختلف العمليات الفسيولوجية ارتباطاً تاماً. وكان من الطبيعي أن تتجه الجهود إلى تحضير هذه الفيتامينات كما اتجهت من قبل إلى تحضير الهرمونات، وذلك للأغراض العلاجية، فأمكن تحضير بعضها عن طريق الاستخلاص من الأجزاء النباتية أو الحيوانية الغنية بها، كفيتامين أمن زيت كبد الحوت، وفيتامين ب من نخلة الحبوب، وفيتامين ج من عصير الليمون من باب التمثيل لا الحصر، كما أمكن تحضير البعض الآخر –بعد أن عُرف تركيبه– عن طريق التخليق الكيميائي. ولما كانت الميكروبات كغيرها من الأحياء تقوم بتركيب الكثير من الفيتامينات داخل خلاياها، فقد اتجهت الجهود أيضاً إلى إنماء بعض الميكروبات في بيئات خاصة، ثم استخلاص ما ركبته من فيتامينات داخل خلاياها أو ما أفرزته منها في هذه البيئات. والفيتامينات التي أمكن تحضيرها اقتصادياً عن طريق الميكروبات هي "الريبوفلافين" أو فيتامين $ب^{٢}$ و"السيانوكو بالامين" أو

فيتامين $ب_{١٢}$، حيث يقوم بتركيب الأول بعض الخمائر والبكتيريا، وهي الـ "إريمونيسيوم آشبياي" والـ "آشبيا جوسيبياي" و الـ"كلوستريديوم أسيتوبيوتيليكم"، وحيث يفرز الثاني بعض البكتيريا والاستربتومايسيتر، ولهذا حضر كناتج ثانوي من صناعة المضادات الحيوية المعروفة بالاستربتامايسين والترامايسين والأوريومايسين.

وتعتبر خلايا الحيرة الميتة مصدراً لفيتامين $ب_١$ وكذلك مادة الإرجوسترول التي تتحول إلى فيتامين د بتعرضها للأشعة، ولهذا تستخدم للأغراض العلاجية (في صورة أقراص صغيرة) كما هي أو بعد تعريضها إلى الأشعة فوق البنفسجية.

رابع عشر- صناعة المانيتول:

المانيتول ($ك_٦$ $يد_{١٤}$ $ا_٦$) من الكحولات التي توجد في الطبيعة كأحد مكونات النباتات الراقية والفطريات، وهو يستخدم في عدة صناعات، ومنها الراتنجات واللدائن، ومادة "النيترومانيتول" التي تستخدم في الصناعات الحربية، كما يستخدم في كثير من الأغراض الطبية والعلاجية والكيمياء التحليلية. ويمكن تحضيره تجارياً عن طريق التخليق الكيميائي، وذلك باختزال سكر المانوز تحت ظروف خاصة، غير أن بعض الفطريات المنتمية إلى جنس "أسبرجللس" له القدرة على إنتاجه بكميات كبيرة من المحاليل المغذية المحتوية على سكر الجلوكوز، وذلك على درجة ٢٣ أو ٢٤ سنتيجراد لمدة أسبوعين إلى عشرة أسابيع مع التهوية المناسبة، وبالمثل بعض بكتيريا حامض اللاكتيك له القدرة على إنتاجه بكميات كبيرة أيضاً من المحاليل المغذية المحتوية على سكر الفركتوز، وذلك على درجة ٤٢ سنتيجراد لمدة أربعة أيام تحت ظروف غير هوائية. ويستخلص المانيتول بتركيز المحاليل تحت تفريغ، و ترسيب بللوراته بعدئذ بواسطة كحول الإيثيل في درجة الغليان ثم التبريد.

خامس عشر- صناعة الدكستران:

الدكستران مادة كربوهيدراتية شبيهة بالنشا ذات وزن جزيئي مرتفع (ك ٦ يد ١٠ أ ٥)، ويمكن إنتاجه عن طريق معاملة سكر الجلوكوز بالإنزيم المعروف باسم "دكستران سكريز"، غير أن بعض البكتيريا وعلى الأخص الـ "ليكونوستوك ميزنتيرويدز" لها القدرة على "بلمرة" سكر الجلوكوز من سكر السكروز مكونة مادة عديدة التسكر وهي الدكستران. ولإنتاج هذه المادة تنمي البكتيريا المذكورة في بيئة متعادلة التأثير حيث تحتوي على نحو ١٠% من سكر السكروز وبعض الببتون وخلاصة الخميرة والأملاح المعدنية، وذلك مع التحضين على ٢٥° سنتيجراد لمدة ٢٤ ساعة، ثم يستخلص الدكستران عن طريق الترسيب بكحول الميثيل ثم ينقي ويحفظ تحت ظروف معقمة. ويستخدم الدكستران لأغراض شتى، غير أنه برزت أهميته في السنين الأخيرة كمادة مدادة لحجم بلازما الدم اللازمة دائما للمستشفيات وعلى الأخص في أوقات الأحداث الطارئة أو الحروب، وذلك بدلا من مواد الألجين و البكتين والجيلاتين والكازين والصمغ العربي حيث تتفوق على جميع هذه المواد دون استثناء.

سادسا عشر- صناعات أخرى:

تستخدم الميكروبات في بعض الصناعات كما يأتي:

١- دباغة الجلود

تمر دباغة الجلود بعدة مراحل:

الأولى، وهي مرحلة الحفظ من التأثير التلف لبعض الميكروبات، ويكون ذلك بعملية التجفيف أو التمليح أو بها (م – ١٠ الميكروبات) معا أو بإضافة المطهرات المناسبة، وتعتبر عملية التمليح هي الشائعة الاستخدام.

الثانية، وهي مرحلة إزالة الدم والأوساخ والملح، ويكون ذلك بعملية الغمر في الماء، وفي هذه المرحلة التي تنتفخ فيها الجلود و تزداد ليونة تنشط البكتيريا البروتيوليتية وتعمل عن طريق إنزيماتها على الانحلال الجزئي للبروتينات.

الثالثة، وهي مرحلة "التلحيم"، أو عملية إزالة الأنسجة الدهنية والأجزاء غير المرغوبة، ويكون ذلك باستخدام أسلحة خاصة.

الرابعة، وهي مرحلة التشعير، أو عملية إزالة الشعر، ويكون ذلك بوضع الجلود في ماء يحتوي على أيدروكسيد الكالسيوم (الجير المطفأ) فقط أو مع بعض الإنزيمات البروتيوليتية كالبنكرياتين (بروتيينرات الببسين والتربسين وغيرها المستخرجة من الغدة البنكرياسية) أو بروتييزات البكتيريا والفطر.

الخامسة، وهي مرحلة إزالة ماء الجير وما يعلق به، ويكون ذلك بعملية الغمر في الماء.

السادسة، وهي مرحلة التسوية، ويكون ذلك إما بإضافة معلق من البراز (الكلاب أو الحمام أو الفراخ) أو الدم السائل حيث تعمل محتوياته من الميكروبات أو الإنزيمات (الليبيز والرينين والأميليز.. إلخ) على تكوين بعض الأحماض التي تعادل قلوية ماء الجير وعلى انحلال بعض البروتينات، و إما بإضافة بعض المستحضرات الإنزيمية التي سبقت الإشارة إليها (الغرض من هذه المرحلة إزالة البروتينات المتجمعة أو القابلة للتجمع وكذلك البروتينات الكيراتينية حيث لا تمس البروتينات الكولاجينية المكونة للأربطة المختلفه لطبقات الجلود).

السابعة، وهي مرحلة الدباغة والتجهيز.

٢- تسوية أوراق التوباكو

تحدث بأوراق التوباكو بعد الحصاد عدة تغيرات تعود إلى الإنزيمات النباتية، وعلى الأخص "الأكسيديزات" غير أن هناك تغيرات أخرى تحدث بفعل بعض الميكروبات، وهذه التغيرات مجتمعة تقود إلى النكهة المعروفة عن التوباكو. ومن المعتاد أن تجفف الأوراق وتكوم في أكوام، ثم ترطب بالماء الذي قد يضاف إليه أحيانا قليل من السكريات أو خلاصة المولت أو العسل، وتترك بعدئذ لتتخمر حيث ترتفع الحرارة إلى نحو ٥٥ أو ٦٠° سنتيجراد، وتتغير الصفات الطبيعية والكيميائية للأوراق، وتتوالد النكهة المرغوبة، وكذلك يفعل بعض الإنزيمات الهيدروليتية والمؤكسدة والبروتيوليتية وغيرها مما تفرزه طوائف عديدة من البكتيريا والفطريات. ومن المعروف أن كميات حامض الماليك والنيكوتين والبنتوزانات والبروتينات تنقص في الأوراق أثناء التخمر، بينما تزيد كميات حامض الستريك.

٣- تسوية أوراق الشاي

يحضر الشاي الأخضر دون تخمر، بينما يحضر الشاي الأسود بالتخمر الذي يُعتقد أنه بتأثير ما بأوراقه من إنزيمات نباتية فوق الإنزيمات الميكروبية.

٤- تسوية حبوب البن

من المعتاد أن تغمر ثمار البن في الماء لوقت ما حتى يمكن إزالة الأغلفة الثمرية، ومن المعتقد أنه يحدث خلال هذا الوقت نوع من التخمر اللاكتيكي في الحبوب، وهو ما يؤدي إلى النكهة المعروفة في البن المحمص.

٥- تسوية حبوب الكاكاو

عندما تنزع حبوب الكاكاو من قرونها تكون مغطاة بطبقة مخاطية تُزال عادة بالتخمير قبل التجفيف والتحميص، وذلك عن طريق ما بالحبوب من إنزيمات نباتية فوق الإنزيمات الميكروبية، ومن المعتقد أن التخمر الكحولي يحدث في البداية ثم يعقبه التخمر الخلي، وينشأ عنها ارتفاع في درجة الحرارة إلى الحد الذي يقضي على حيوية الأجنة في الحبوب مع التغير في اللون والنكهة.

الباب الرابع

الميكروبات والطب الوقائي والعلاجي

منذ سلك الإنسان طريقه في الحياة وهو يصارع المرض ويتوقاه بوسائل شتى، غير أن هذه الوسائل تطورت بتطور نظرته إليه وإلى أسبابه، ففي القرون الأولى أخذ يصارعه بالسحر ويتوقاه بالتعاويذ، حيث كان يعتقد أنه من عمل الشيطان. وفي القرون الوسطى التي اتسمت بالطابع الديني أخذ يصارعه بالتوسل والابتهال ويتوقاه بالدعوات والصلوات، حيث كان يعتقد أنه من غضب الآلهة عليه لما ارتكبه من آثام وما اقترفه من ذنوب. وفي القرون الحديثة أخذ يعالجه ويتوقاه بالعقاقير والأدوية، وذلك بعد أن اكتشف بعضاً من حقيقته، بل وتوصل إلى بعض من أسبابه. وهكذا، حتى إذا ما حل القرن الحادي عشر إلا وكانت هناك نواة للدساتير الطبية الحالية، وذلك بفضل مؤلفات علم من أعلام الإسلام وهو جابر بن موسى الحيان، ثم خلفائه أبي بكر مُحَمَّد بن زكريا الرازي وأبي الحسين علي بن سينا وأبي منصور موفق من الذين نبغوا في علوم الكيمياء والطب والصيدلة، غير أن هذه النواة لم تكن لتشمل سوى بعض العقاقير المعدنية والنباتية والحيوانية الطبيعية، وكذلك بعض المستحضرات المستخرجة منها بطرق بدائية. إلى أن وثب العلم على اختلاف فروعه وثبات متلاحقة، فعرفت وظائف الأعضاء بما في ذلك الغدد القنوية والصماء وما تفرزه من إنزيمات وهرمونات، وعرفت أهمية الفيتامينات في الأغذية، وعرفت العلاقة بين كرات الدم البيضاء والأجسام المضادة والأمراض.

وعرفت الميكروبات المرضية والفيروسات والطفيليات. ثم تطورت علوم

الكيمياء والميكروبيولوجيا والطب والصيدلة تطورات فذة أدت إلى مانلمسه الآن من وسائل بلغت حد الروعة في الوقاية والعلاج. فما دور الميكروبات في ذلك؟ هذا هو ما سنجيب عليه فيما يلي:-

أولا- اللقاحات والأمصال:

للإنسان مناعة طبيعية ضد العدوى بالميكروبات المرضية التي تعمل دائما على التسلل إلى داخل أنسجته في سبيل التغذية والتكاثر، وترتكز هذه المناعة على ثلاثة خطوط دفاعية:

وأولهما، هو الجلد والأغشية المخاطية المبطنة للأنسجة.

وثانيهما، هو الدموع واللعاب والمخاط والعصارة المعدية والمرارة، وغيرها من الإفرازات التي تؤثر تأثيراً مباشراً في الميكروبات أو تقذف بها إلى الخارج، فلا تتيح لها فرصة التسلل إلى داخل الأنسجة المختلفة.

وثالثهما، هو الكرات الدموية البيضاء التي تنبري لمقاتلة الميكروبات، وذلك إذا عجز الخطان الأولان عن الوقوف أمامها، وقد يخر كثير من هذه الكرات في ميدان القتال فتنتصر الميكروبات وتُحدث في الجسم ما تتصف به من تأثيرات أو أمراض. هذا ويتكون عادة في مصل (سيروم) الدم ما يعرف باسم "الأجسام المضادة" وذلك متى وصلت إليه مواد بروتينية غريبة (أنتيجينات)، ومنها بالطبع الميكروبات أو إفرازاتها السامة (التوكسينات)، وتعمل هذه الأجسام على إهلاك الميكروبات نفسها أو على إزالة تأثير إفرازاتها بالإبادة أو بالإذابة أو الترسيب أو التجميع أو التعادل وغيرها، ومعنى ذلك أنها تعاون الكرات البيضاء في صراعها مع الأعداء. وهكذا فوجود الكرات الدموية البيضاء وتكوين

المواد المضادة، وقضاؤهما معا على الميكروبات وإفرازاتها السامة، كلها من وسائل المناعة الطبيعية التي تعززها الصفات الوراثية للإنسان فضلاً عن ظروفه الغذائية وما يمتلكه من عناصر الصحة العامة.

وقد وُجد أن تكوُّن "الأجسام المضادة" بسبب تعرض الإنسان لعدوى إحدى الميكروبات المرضية يحول دون تعرضه مرة أخرى لنفس العدوى مدة طويلة، وعلى ذلك عرفت اللقاحات والأمصال في اكتساب المناعة الصناعية، فاللقاحات عبارة عن الميكروبات المرضية أو توكسيناتها بعد قتلها أو إضعافها بوسائل معينة، وتستخدم ليقوم جسم الإنسان نفسه بتكوين "الأجسام المضادة"، ومنها لقاحات الجدري والتيفويد والبارا تيفود والدفتريا والطاعون والكوليرا. والأمصال عبارة عن "الأجسام المضادة" التي تستخرج من من السوائل الدموية لبعض الحيوانات المحقونة بالميكروبات أو توكسيناتها، ومنها أمصال الدفتريا والتيتانوس. وهكذا يصارع الإنسان أعداءه من الميكروبات المرضية بنفس هذه الميكروبات معتمدا على خصائص الدم في تكوين "الأجسام المضادة".

ثانيا- المضادات الحيوية:

بعد أن استقرت نظرية الأمراض الميكروبية بفضل دراسات "باستير" و"كوخ"، بدأ التفكير في مدى إمكان استخدام بعض المواد الكيميائية في إبادة الميكروبات المرضية. وكان "كوخ" أول من استخدم صبغات خاصة تعرف بصبغات الأنيلين لتلوين البكتيريا حتى تسهل دراستها ميكروسكوبيا، ثم جاء "بول إيربخ" (١٨٥٤ – ١٩١٥) فتعمق في دراسة كيمياء الصبغات وقابلية الميكروبات المختلفة لامتصاصها والتلون بها، وانتهى إلى الاستنتاج بضرورة احتواء مختلف الخلايا الميكروبية على مجموعات كيميائية معينة، وتخيلأنه لو وفق في التوصل إلى مواد شبيهة بصبغات الأنيلين، على أن يكون لها قوة التأثير في الوظائف الحيوية لتلك المجموعات الكيميائية

المعينة وتعطيلها، لأمكن بذلك القضاء على الميكروبات المرضية، وها هو يستخدم بعض المركبات العضوية الزرنيخية في التأثير على بعض الميكروبات اللولبية (سبيروكيتس) المسببة لمرض الزهري (سفلس)، ثم يقوم بتركيب واختبار عدة مركبات حتى توصل في سنة ١٩٠٩ إلى المركب رقم ٦٠٦ المعروف باسم "سلفرسان" الشديد التأثير في ميكروب ذلك المرض. وفتح هذا الاكتشاف الباب على مصراعيه للكيمياء العلاجية، وخاصة بعد أن توصل "دوماج" (١٩٣٥) إلى صيغة "البرونتوزيل" المضادة للمكورات السبحية (هيموليتيك ستربتو كوكاي) التي تسبب انحلال كرات الدم الحمراء، وقد تبين أن "البرونتوزيل" ينحل في الجسم الحيواني مكوناً المركب المعروف باسم "سلفانيلاميد" أو "بارا أمينو سلفوناميد" الذي عرف فيما بعد أنه المادة الفعالة في "البرونتوزيل"، ثم بدأت المحاولات فوراً لتغيير التركيب البنائي لهذه المادة على أمل التوصل إلى مواد أقوى منها فاعلية، وقد أدت هذه المحاولات بالفعل إلى اكتشاف مركبات "السلفا بيريدين" و"السلفاديازين" و"السلفاجوانيدين" من مركبات السلفا التي تعتبر جميعها من مشتقات "السلفانيلاميد". ويُعد اكتشاف "السلفانيلاميد" من أروع الأحداث العلمية في عالم الطب، غير أن كفايتها العلاجية ضد بعض الميكروبات المرضية ترتبط عادة بحالة المناعة الطبيعية أو الصناعية في جسم الإنسان، أو بمعنى آخر بحالة الكرات الدموية البيضاء والأجسام المضادة. ولما كان استخدامها يؤدي غالبًا إلى أعراض سمية خفيفة كالصداع والغثيان والقيء وآلام البطن والدوار واضطراب النظر، فإن اكتشاف البنسلين وأضرابه من مضادات الأحياء يعد حدثا تتضاءل أمامهأروع الأحداث العلمية التي ظهرت في عالم الطب حتى الآن، حيث لا يؤدياستخدامها إلى الأعراض السمية المذكورة.

ويرجع تارخ مضادات الأحياء إلى عام ١٨٧٧ حيث لاحظ العالم "باستير"، أن بكتيريا الجمرة الخبيثة (باسيللس أنثراكس) تتأثر بوجود نوع آخر من البكتيريا.

وحوالي بداية القرن الحالي لاحظ العالمان "أمرش" و"لو" أن البكتيريا "سيدوموناس بيوسيانيس" تنتج مادة لها القدرة على التأثير في نمو عدد كبير من البكتيريا، واصطلحا على تسمية هذه المادة "بيوسيانيز"، غير أن درجة سميتها للإنسان وقفت حجر عثرة أمام استخدامها في الطب العلاجي. وتوالى بعد ذلك اكتشاف عدد آخر من مضادات الأحياء التي تنتجها أنواع معينة من البكتيريا المتجرثمة وغير المتجرثمة والأكتينومايسينز، وأخذ الأمل فيها يتأرجح بين الفشل والنجاح، إلى أن اكتشف العالم "دوبوز" في عام ١٩٣٩ مادة الـ "تيروتريسين" كإفراز لأحد أنواع البكتيريا المتجرثمة في التربة، ووجد أنها تتكون من مادتين: إحداهما الـ"جراميسيدين"، وثانيهما الـ"تيروسيدين" التي أمكن استخدامها بنجاح في العلاجات الموضعية.

هذا ولم يعرف أن الفطريات تنتج مضادات الأحياء إلا عام ١٩٢٩، حيث كان العالم "فلمنج" يقوم بإنماء نوع من البكتيريا العنقودية (ستافيلوكوكس) في أطباق "بتري"، فتسرب إلى هذه الأطباق، نوع من الفطريات، وأخذ يمشي جنبا إلى جنب مع البكتيريا التي تمت في صورة مجموعات بغزارة إلا في مناطق معينة وهي المناطق التي نما فيها الفطر، ثم فصل"فلمنج" هذا الفطر من الأطباق، وقام بدراسته وبعد أن عرف أنه من النوع المسمى "بنيسليوم نوتاتم" عمل على إنمائه في بيئة سائلة خاصة. فأفرز فيها بعد أيام قليلة مادة صفراء، وعندئذ بدأ "فلمنج" بإنماء ميكروبات مختلفة في بيئات سائلة خاصة حتى إذا ما تعكرت هذه البيئات كنتيجة لنمو وتكاثر الميكروبات، أخذ في إضافة القليل من المادة الصفراء. فتملكه العجب حيث تحولت البيئات العكرة إلى سوائل صافية، أو بمعنى آخر حيث أبيدت الميكروبات عن آخرها. وفي عام ١٩٣٢ بدأت محاولات أولية لاستخلاص هذه المادة الصفراء أو "البنسلين" في حالة نقية خالصة، غير أن هذه المحاولات لم تستمر طويلا، حتى إذا ما حل عام ١٩٣٩، وكانت الحرب العالمية الثانية في مراحلها الأولى، أخذ العالم

"فلوري" ومجموعة من الأخصائيين في استئنافها من جديد، مع مواصلة البحوث الطبية الخاصة بالصفات "الأقراباذينة" لذلك العقار الخطير. ثم تشعبت المحاولات والبحوث إلى أن أمكن إنتاجه على صورة نقية وفي نطاق تجاري واسع، مع الاطمئنان بكافة الأدلة العلمية على عدم تأثيره السام أو الضار في جسم الإنسان. وكان من الطبيعي أن يتطلع العلماء بعد ذلك إلى إفرازات أخرى أشد ضراوة من "البنيسلين"، فتوصلوا إلى الـ "ستربتومايسين" والـ "ستريتوثرسين" والـ "كلورومايستين" والـ "أوريومايسين"، وذلك من أنواع من الميكروبات التي تنتميإلى الفطريات الشماعية (البكتيريا الراقية) المعروفة باسم "الاكتينومايسيتز" وهي على التوالي: "ستربتومايسز جريزز" و"ستربتومايسز لافنديولا" و"ستربتومايسز فنيزيولا" و"ستربتومايز أوريوفيشنز". وبيَّن الجدول الآتي بعض الأمراض الميكروبية الشائعة والميكروب المسبب لها ومدى تأثرها بمضادات الأحياء السالفة الذكر:

المرض	الميكروب المسبب للمرض	البنسيلين	لاستربتومايسين	الكلورومايستين	الأوريومايسين
الالتهاب الرئوي	دبلو كوكس نيومنيا	+	+	+	+
السل	مايكوبكتيريوم تيوبركيولوزس	–	+	؟	؟
التيفويد	سالمونيللا تايفوسات	–	؟	+	+
التيفوس	ريكتريا بروازيكياي	–	–	+	+
السيلان	نيريزيا جونورهويا	+	+	+	+
الزهري	تريبونيما بالليدا	+	+	+	+
السعال الديكي	هيموفيلس بيرتيوزيس	–	+	+	+

الحمى القرمزية	ستربتو كوكس بيوجنيس	+	_	؟	+
عدوى الستافيلوكوكس	ميكروكوكس بوجنيس	+	؟	؟	+
+ شديد التأثير		-- غير مؤثر		؟ مشكوك فيه حتى الآن	

عندما بدأ إنتاج "البنسلين" على نطاق تجاري كانت الطريقة المتبعة هي طريقة ما يسمى "المزرعة السطحية" حيث كان الفطر يُنمى في زجاجات تحتوي على كميات غير عميقة من البيئات المناسبة، ثم أدخلت فيما بعد طريقة ما يسمى "المزرعة المغمورة" التي أصبحت سائدة الآن في إنتاج باقي المضادات الحيوية لارتفاع كفاءتها وانخفاض تكاليفها نسبيا. وتحتوي البيئات المستخدمة عادة في إنتاج "البنسلين" على سكر اللاكتوز ومحلول نقع الذرة الذي يتكون من بعض البروتينات الذائبة في الماء كالألبيومين والجلوبيولين وبعض الأملاح المعدنية، وذلك بحيث تكون درجة حامضيتها (درجة تركيز أيون الأيدروجين).

نحو ٥,٥. ولما كانت هناك أنواع كثيرة من البكتيريا تستطيع هدم "البنسلين"، فإنه يجري تعقيم تلك البيئات في الأحواض الخاصة بالإنتاج، مع مراعاة تلقيحها بمعلق من هيفات الفطر السابق إكثارها جيدا تحت ظروف معقمة، أما الأكسجين اللازم لنمو الفطر فيعمل على توافره بدفع الهواء المعقم بصفة مستمرة من فتحات أسفل الأحواض. وتستغرق العملية التي تعتبر نوعا من أنواع "التخمرات" نحو يومين على درجة تتراوح بين ٢٢، ٢٨م°، حيث تزال بعدها الكتل الكثيفة من هيفات الفطر، ثم يستخرج "البنسلين" من المحلول الباقي بعمليات مختلفة تشمل الاستخلاص بالمذيبات والتركيز والبلورة والتجفيف. أما البيئات المستخدمة في إنتاج "الإستربتومايسين" كمثل المضادات الأحياء الأخرى، فتحتوي على سكر الجلوكوز والببتون ومستخلص اللحم

وكاورور الصوديوم والماء، وذلك بحيث تكون درجة حامضيتها (درجة تركيز أيون الأيدالوجين) نحو ٧,٣، أما خطوات التلقيح بالبكتيريا الراقية الخاصة (ستربتومايسز جريزز) والتهوية واستخلاص "الاستربتومايسين" فهي تقريباً كالخطوات المماثلة في إنتاج "البنسلين"، وذلك فيما عدا الاحتراس الشديد من التلوث بفيروس البكتيريا (اليكتريوفاج)، وجعل الحرارة بين ٢٥، ٣٠م°.

ثالثا – الإنزيمات والهرمونات والفيتامينات:

لم يكن هذا العالم المتسع الأرجاء بما فيه من بدائع الخلق وغرائب التكوين ليصرف الإنسان بالطبع عن دراسة جسمه دراسة شاملة حيث أدرك أنه يملك بمشيئة الخالق آلة دقيقة الصنع محكمة التركيب، وأدرك –فيما أدرك من الخلايا والأنسجة والأعضاء المتخصصة في أداء وظائف معينة لصالح جسمه كله– أنه توجد مجموعة من الأعضاء الداخلية، هي أشبه ما تكون بالمعامل الكيميائية، وهي الغدد القنوية والغدد الصماء المكونة للإنزيمات والهرمونات. كما أدرك – فيما أدرك من وظائف الطعام– أنه توجد مجموعة من المواد لا تقل أهمية عن المواد الكربوهيدراتية والبروتينية والدهنية والأملاح المعدنية، وهي الفيتامينات. ولم يقف جهد الإنسان عند حد هذا الإدراك أو ذاك. بل أخذ يستخلص تلك المواد بصورة نقية من مصادرها الحيوانية أو النباتية، كما أخذ يدرس تركيبها الكيميائي ويسعى إلى تحضيرها بطريقة التكوين أو التخليق، حتى إذا ما نجح واستخدمها –مع التوفيق– في الحالات المرضية العضوية، اتجه إلى صناعتها لنفس الغرض ولأغراض رفاهيته عن طريق بعض الميكروبات، وهو ما ذكرناه في باب "الميكروبات والصناعة".

وإن ما أوردناه سابقا عن اللقاحات والأمصال في اكتساب المناعة الصناعية ضد عدوى الإنسان بالميكروبات المرضية تمتد إلى اللقاحات

والأمصال في اكتساب المناعة الصناعية ضد عدوى الحيوان بالميكروبات المرضية التي يعد بعضها مشتركاً بين الإنسان والحيوان في بعض الأحوال. ومن لقاحات وأمصال الحيوان لقاح التسمم الدموي والحمى الفحمية والجدري والكلب، ومصل التسمم الدموي والحمى الفحميه والتتانوس والخناق، فضلا عن لقاحات وأمصال الطيور كلقاح الجدري والدفتريا والكوليرا والتيفوس والطاعون، ومصل كوليرا الدجاج.

هذا وإن التقدم في الكيمياء العلاجية سيؤدي بلا شك إلى سيطرة الإنسان بدرجة كبيرة على الأمراض المعدية للإنسان، وكذلك سيطرتة بدرجة أقل نسبيا على الأمراض المعدية للحيوان، وربما للنبات أيضا، وسيترتب على ذلك حتماً تناقص الوفيات وازدياد عدد سكان العالم زيادة مخيفة لا تتناسب مع موارد الغذاء الحيواني والنباتي، غير أنه من المأمول أن العلم لن يقف مكتوف اليدين، فسيسعى جاهدا بإذن الله إلى القضاء على كل ما يصيب الحيوان والنبات من خسائر مهما كانت أسبابها، وذلك مع إيجاد موارد جديدة للغذاء.

متنوعات

متنوعات كثيرة لم نشأ أن نضعها في البابين الثاني والثالث، فهي تشمل من الموضوعات مالا يتصل بقطاع الزراعة وحدها أو بقطاع الصناعة وحدها، وإنما تشمل من الموضوعات ما يتصل بقطاعين أو أكثر من قطاعات الزراعة والصناعة والصحة العامة وغيرها. ولهذا أفردنا لها باباً خاصاً، وهي:

أولاً- تحويل قمامة المدن إلى سماد عضوي:

قمامة المدن، كما يعرفها كل الناس، عبارة عن متخلفات المنازل والشوارع التي لا مفر، لاعتبارات صحية وعمرانية، من جمعها والتخلص منها بأية طريقة من الطرق. وتكاد تنحصر هذه الطرق فيما يلي:

١- **تكويم القيامة في الأراضي الفضاء أو ما يسمى "المقالب العمومية"**، وهي طريقة بدائية كانت شائعة في كثير من بلاد العالم إلى عهد غير بعيد، ثم تلاشت بالتدريج إلى أن أصبحت في الوقت الحاضر قاصرة على بعض البلاد المتخلفة فقط، وذلك لأنها طريقة عرجاء، فإشعال النار في سطح الأكوام، أو تغطيتها بطبقة من أنقاض المباني والأتربة لا يحول دون استمرارها منبعاً للروائح الكريهة، وموئلا للذباب ومرعى للحشرات والحيوانات، بل والأهالي الذين يجدون في بعض موادها النافعة كالورق والخرق والمعادن وغيرها مصدرًا لبعض أرزاقهم، هذا فضلاً عن أنها تتطلب باستمرار المزيد

من الأراضي الفضاء.

٢- **ردم المنخفضات والبرك والملاحات بالقمامة**، وهي طريقة كانت ولا تزال شائعة إلى حد ما، وتهدف إلى تحويل بعض الأراضي العديمة النفع والكائنة بأطراف المدن إلى أراضي صالحة لإنشاء المناطق الصناعية أو لغرس المنتزهات وإقامة الملاعب، وعلى الأخص في حالة عدم كفاية أنقاض المباني والأتربة والرمال التي تستخدم عادة في هذا الغرض.

٣- **حرق القمامة في الأفران**، وهي طريقة كانت ولا تزال شائعة إلى حد ما أيضاً، وتهدف إلى القضاء نهائياً على القمامة، ولو أنها قد تؤدي إلى تحويل الطاقة الحرارية المتوالدة منها إلى طاقة ميكانيكية وكهربائية، أو إلى استخدام الرماد المتخلف منها في تحضير بعض الأسمدة العضوية المركبة أو في صناعة أنواع خاصة من الطوب أو في تعبيد الطرق.

٤- **تحويل القمامة إلى سماد عضوي**، وهي طريقة تعتبر صورة من صور الاستغلال الاقتصادي السليم للمتخلفات، فقمامة مدينة القاهرة مثلا والتي تبلغ نحو ٩٠٠,٠٠٠ طن سنوياً تحتوي في المتوسط على ٧٥٪ من البقايا النباتية والحيوانية الصالحة للتخمر، ٩٪ من الورق والخرق، ١٪ من الخشب والعظام، ١٪ من المعادن المختلفة والجلود والمطاط، ١٪ من الزجاج والخزف، ١٣٪ من الحجارة والحصى والرمال والفخار.

وتوجد عدة طرق لتحويل القمامة إلى سماد، وتقع تحت ثلاثة أقسام رئيسية وهي: طرق التخمير الهوائي وطرق التخمير الشبه الهوائي أو المختلط وطرق التخمير اللاهوائي، ويجري التخمير فيها جميعاً إما مع الماء فقط وإما مع متخلفات المراحيض أو سائل المجاري. وفي طرق القسم الأول تستمر التهوية بدفع الهواء متى كان التخمر في حجرات أو أبراج، أو بتكرار التقليب على

فترات قصيرة متى كان التخمير في كومات. وفي طرق القسم الثاني تحدد مقدار الهواء الذي يلامس الأجزاء الداخلية للقمامة، فإذا كان التخمير في حجرات أو أبراج تترك هذه مفتوحة لأيام قليلة ثم تغلق حتى النضج أو يدفع فيها بين حين وآخر، أما إذا كان التخمير في كومات فإن طبقاتها تضغط عند بنائها، ثم تقلل مرات تقليبها أو تترك هوائية أي دون ضغط لأيام قليلة ثم تضغط وتطمس بالطين مثلا لمنع الهواء عنها. وفي طرق القسم الثالث يحبس الهواء من أول الأمر عن القمامة سواء وضعت في حجرات أو أبراج أو في أكوام.

وتختلف الطرق التي تنطوي تحت تلك الأقسام الرئيسية، باختلاف إنشائياتها، والتي تتدرج من الأراضي الممهدة إلى الخنادق والحجرات والأبراج ثم المصانع الكاملة، وكذا باختلاف الخطوات التفصيلية لمعالجة القمامة فيها كالفرز والطحن والتخمير وتجنيس السماد الناتج، بالإضافة إلى اختلاف ما يستخدم في هذه الخطوات من آلات معينة، خفيفة أو ثقيلة. وقد اتخذت معظم هذه الطرق أسماء خاصة، ترجع إلى أسماء مخترعيها أو إلى أسماء الشركات القائمة بتنفيذها أو البلاد المستفيدة منها في الخارج. وتتبع طريقة التخمير الشبه الهوائي في أكوام مع الماء فقط أو مع الماء ومتخلفات المراحيض وغسالة المجازر ببعض المجالس البلدية والقروية في مصر، كما تتبع طريقة التخمير المختلط (طريقة بجيانوبيكو) مع الماء فقط بالمصنع الآلي الكائن بشبرا، والذي لا يستوعب أكثر من عشر إنتاج مدينة القاهرة من القمامة يومياً (م ١١ – الميكروبات).

وليست الطرق المشار إليها متكافئة من النواحي الصحية، غير أنه يمكن القول بصفة عامة أن الطاقة الحرارية المنطلقة من المتخلفات النباتية والحيوانية بتأثير نشاط ميكروبات التخمر كفيلة برفع درجة حرارة القمامة إلى الحد الذي يكفي للقضاء على الميكروبات المرضية والطفيليات وبيض ويرقات الذباب،

هذا ويعطي الطن الواحد من القمامة الخام نحو ستمائة كيلو جرام من السماد العضوي الذي يساوي الطن الواحد منه نحو مترين مكعبين من السباخ البلدي.

ثانيا - تنقية المواد البرازية للإنسان وتحويلها إلى أسمدة عضوية:

تطلق "المواد البرازية للإنسان" على براز الإنسان وبوله مجتمعين حيث لا يوجدان على انفراد إلا في حالة واحدة وهي التبرز والتبول في الطرق أوفي الأراضي الفضاء أو على جوانب الترع والمصارف، وعندئذ قد يجمع البراز ويجفف أويخلط بالطين والرمال، كما يجري في بعض نواحي الريف لاستخدامه في التسميد باسم الرسمال أو السماد الأحمر. وفي الحالات الشائعة توجد المواد البرازية مختلطة بمياه المطابخ والمغاسل والحمامات والمصانع والشوارع والأمطار.. إلخ. وتعرف عندئذ بمتخلفات المنازل أو مياه المجاري. وتجمع بطريقة خاصة في سبيل التخلص من أخطارها الصحية مع الاستفادة في الغالب من رواسبها في الحصول على ما يسمى سماد البودريت وسماد المجاري فضلاً عن الاستفادة من مياهها في إنشاء الغابات وبساتين الفاكهة.

وترجع الأخطار الصحية لمتخلفات المنازل أومياه المجاري إلى براز الإنسان، حيث يحمل الكثير من بكتيريا الأمعاء المعروفة بمجموعة القولون والتي تشمل حتماً بعض البكتيريا المرضية كبكتيريا التيفويد والباراتيفويد والديسنتاريا الباسيلارية، وأحيانا الكوليرا فضلاً عن بعض الديدان الطفيلية. وهذه البكتيريا تعدغريبة عن الماء أي لا تستطيع البقاء فيه طويلاً، وعلى الأخص إذا اتبعت عمليات الترسيب والترشيح وغيرها من عمليات التنمية الصناعية التي سيجيء ذكرها فيما يلي:

١- **تنقية متخلفات المنازل وتحويلها إلى سماد البودريت**، تجمع متخلفات المنازل من بلاد الريف والقرى ومن بعض المدن المحرومة من المجاري العامة ومن

المعسكرات ومجموعات العمال وغيرهم بطرق خاصة تختلف باختلاف عدد السكان وحالة معيشتهم ومدى مالديهم من مياه للاستعمالات العديدة اليومية. ولقد كانت الطريقة المتبعة قديماً مع هذه المتخلفات هي أن تعمل حفرة (مرحاض) تحت غطاء به فتحة للاستعمال اليومي عند التبرز أو التبول، ثم تترك إلى أن تمتليء تقريباً فيردم ما بقي منها بالتراب الناتج من حفرة مجاورة جديدة ينقل إليها الغطاء، هذا إذا عمل المرحاض في فناء المنزل مثلا، أما إذا كان داخل المباني أصبح من الضروري كسح محتويات الحفرة بين آن وآخر. ولا يخفى ما يتسبب عن هذه الطريقة من انبعاث الروائح الكريهة، والتلوث بسبب الذباب المتهافت على الحفرة، وتشبع جدران المباني بسوائل المواد البرازية، ولهذا نشأت عدة طرق أخرى، مثل طريقة المرحاض ذى الجردل أو البراميل المقفولة، وطريقة مرحاض روكفلر، وطريقة مرحاض السباخ أو المرحاض ذي الخزان المزدوج، وطريقة المجرور أو خزان التحليل.

وتختلف طبيعة "متخلفات المنازل" باختلاف مدى توافر المياه المنزلية للاستعمالات العديدة اليومية، ففي حالة عدم توافرها تصبح المتخلفات عبارة عن البراز والبول فقط بمحتوياتها من الماء والمواد الصلبة(المواد المعلقة كالليجنوسليولوز والسليولوزو بعض البروتينات والدهون والمواد غير العضوية،والمواد الغروية كالنشا وبعض البروتينات والدهون، والمواد الذائبة كالسكريات والجليسيرولات والأحماض الدهنية. والكحولات والكبريتات والفوسفات والكلوريدات واليوريا وأملاح الأمونيا.. إلخ)، وكذا العديد من الميكروبات الحية التي تنتسب إلى أغلب ما يوجد في التربة والماء من مجموعات ميكروبية، وقد تضم كما سبق أن ذكرنا بعض الميكروبات المرضية والديدان

الطفيلية، أما في حالة توافر المياه المنزلية فإن المتخلفات تصبح عبارة عن البراز والبول مختلطين بمياه المطابخ والمغاسل فتزداد تبعاً لذلك نسبة الماء وكذا المواد الذائبة فيه.

وتهدف طريقة "المرحاض ذي الجردل أو البراميل المقفولة" و"مرحاض السباخ أوالمرحاض ذي الخزان المزدوج" إلى مجرد جمع المتخلفات تمهيداً لنقلها في الوقت المناسب إلى الخنادق أو أكوام السباخ حيث لا تحدث في محتوياتها قبل النقل إلا تغيرات محدودة أغلبها من النوع اللاهوائي. وتهدف طريقة "مرحاض روكفلر" إلى جمع المتخلفات والوصول بانحلالها إلى حد أكبر قد يكفي للاطمئنان على تداولها بعد إزالتها، أما طريق "المجرور" و"خزان التحليل" وهما من الطرق المائية التي تستخدم في حالة توافر المياه المنزلية فتهدفان إلى التخلص من المياه الزائدة إما بتسربها في باطن الأرض مباشرة أو عن طريق خندق تصريف أو بئر ارتوازي، وإما بتسربها إلى مصرف عن طريق خندق ترشيح. وتتناول محتويات المتخلفات في هاتين الطريقتين تغيرات محدودة أغلبها من النوع اللاهوائي أيضاً، كما تتناول المياه في حالة استخدام خندق ترشيح تغيرات من شأنها نقاوته إلى حد بعيد.

ويحضر سماد البودريت من متخلفات المنازل التي تكسح من المراحيض ذات المجرور أوذات خزان التحليل، أو التي تجمع من المراحيض ذات الجردل أو البراميل المقفولة، حيث تحملها العربات ليلاً في الغالب إلى أحواض مكشوفة لتخلط بالجبس الناعم أو حامض الكبريتيك، وذلك لتثبيت النشادر، ثم تترك لتجف، وتكشط بعد ذلك الرواسب الطينية اللون وتدق لتجهيزها كسماد.

٢- **تنقية مياه المجاري وتحويلها إلى سماد المجاري**، في المدن التي تتمتع بمشروعات المجاري العامة تتصل وحدات المياه المنزلية بالمواسير الممتدة في باطن

الشوارع عن طريق فتحات خاصة حيث تلتقي مياه المجاري المنزلية بمياه المصانع والمحال العامة ومياه الأمطار وغسيل الطرق وكذا المياه الأرضية التي تتسرب إلى المواسير مكونة لما يسمى "مياه المجاري العامة"، وتسير هذه المياه داخل المواسير حتى تصل عادة إلى محطات المجاري التي تتم فيها عمليات التنقية.

ومن البديهي أن تختلف "مياه المجاري العامة" عن "مياه المجاري المنزلية" نظراً لاختلاطها بقاذورات الطرق التي تحملها مياه الأمطار إلى مواسير المجاري عن طريق البالوعات، وكذا لاختلاطها بمتخلفات الماء العامة والمصانع. وتتوقف قوة "مياه المجاري العامة" على نسبة الماء فيها، وعلى نوع المياه الصناعية بها، وعلى ارتفاع درجة حرارة الطقس الذي يزيد من قابليتها للتعفن في المواسير قبل وصولها إلى أحواض التنقية. وتحمل هذه المياه عدداً كبيراً من الميكروبات قد يصل إلى عشرين مليوناً أو أكثر في السنتيمتر المكعب الواحد، وينتسب معظمها إلى المجموعات التي توجد عادة في التربة والماء، ومنها الهوائية واللاهوائية، والهيتروتروفية والأوتوتروفية، والمحبة للحرارة المعتدلة والحرارة العالية أو المحبة للبرودة، وينتسب بعضها إلى ميكروبات الأمعاء بالإضافة إلى الميكروبات المرضية والديدان الطفيلية. وتؤثر غالبية هذه الميكروبات في بعض المحتويات العضوية وغير العضوية للمياه وعلى الأخص الذائبة منها، وسرعان ما تستنفد الموجود من الأكسجين فيصبح الوسط صالحاً لحدوث التخمر اللاهوائي أو التعفن الذي ينشأ عنه توالد غازات كبريتور الأيدروجين والفوسفين والميثان وغيرها مما قد يسيء إلى مواد الإنشائيات كالمواسير والمجمعات سواء أكانت من الخزف (الفخار الحجري) أو الزهر أو الحجر والطوب أو الخرسانة العادية أو المسلحة. ويزداد التعفن كلما كانت مياه المجاري قوية بسبب صغر

الاستهلاك المائي للفرد الواحد في اليوم وقلة الأمطار وكلما كان انحدار الموسير طفيفاً مع بعد محطة المجاري وطول فترة انتقال المياه إليها، وكلما كثرت الرمال والأتربة بالمياه لأنها تعوق سيرها في المواسير وتساعد على ترسيب موادها العضوية، وكلما كان الطقس حاراً. ويلجأ أحيانا للمقاومة التعفن إلى ما يعرف بتعقيم المياه، وذلك باستخدام الكلورين كغاز سائل لإبادة معظم الميكروبات المسببة للتعفن بحيث يبقى منها ما يكفي لأعمال التنمية الطبيعية في محطات الصرف.

وتدور كل الطرق الحديثة التي تتبع لتنقية مياه المجاري الخام حول تحقيق غرضين أساسيين: أولهما، هو فصل أغلب موادها العضوية بالترسيب وهدم ما يتبقى من هذه المواد على صورة معلقة أو ذائبة في السائل المتخلف، وذلك بالأكسدة الحيوية، حتى لا تجد الميكروبات الهيتروتروفية شيئا منها عند صرفه هذا السائل في النهاية إلى المزارع أو المصارف أو البحيرات. وثانيهما، هو إبادة ما تحمله المياه عادة من ميكروبات مرضية وديدان طفيلية.

وتجرى عملية ترسيب المواد الصلبة العضوية العالقة أو ما يسمى الحمأة في أحواض ترسيب خاصة، أما عملية هدم باقي المواد العضوية العالقة والغروية والذائبة في السائل المتخلف فتجري في مرشحات قد تسمى "حقول البكتيريا"، وهي عبارة عن أحواض مملوءة بالزلط أو الحجر الناشف المكسر أوالطوب أو الجلخ بأحجام مدرجة من أسفل إلى أعلى وبعمق يتراوح بين ٢,٥قدم. وعندما يمتليء الحوض بالسائل الذي يصل إليه من مجاري حديدية أو مواسير من أحواض الترسيب يترك مملوءاً لمدة كافية يمكن تحديدها بالخبرة التي تعتمد على اختبار الماء المنصرف، ثم يفرغ و يترك فارغاً لمدة كافية أخرى.

ويُراعى في استخدام هذه الأحواض لأول مرة أن تترك مملوءة بالسائل مدة

كافية لتكوين غشاء جيلاتين القوام من نموات العديد من البكتيريا والفطر والطحالب والبروتوزوا وأنواع من الميتازوا وذلك على سطوح الزلط وغيره من المواد السالفة الذكر، وقد تصل تلك المدة إلى أكثر من ١٢ ساعة. ويلعب هذا الغشاء دوراً هاماً في هدم محتويات السائل من المواد العضوية في الدورات التالية لملء الأحواض، حيث يمتص الغشاء الجزء الذائب والغروي منها، ثم تبدأ الميكروبات في هدمها وكذا هدم المواد العضوية العالقة، وتستمر في ذلك حتى تستنفد الأكسجين الممتص من الهواء، وعند تفريغ الأحواض وتركها المدة الكافية يعود الغشاء إلى التشبع بالأكسجين كما تعود الميكروبات إلى نشاطها مادامت الرطوبة كافية، وتقدر هذه المدة التي تعرف "عدة الراحة" بنحو ٤ ساعات، وقد يستدعي الأمر إطالتها عدة أيام بتقادم التشغيل. وهناك مرشحات أخرى كالسابقة (عمق ٥ إلى ١٠ قدم) ولكنها تختلف في التشغيل، حيث يستعاض عن الملء والتفريغ برش السائل على سطوح المرشحات بقنايات توزيع أو برشاشات أو بنافورات ثابتة أو بموزعات سيارة أو بموزعات لفافة أو دوارة، ويصرف السائل من أسفل بواسطة قنايات التهوية التي تساعد على مرور الهواء خلال الزلط أو غيره، فتتمكن البكتيريا من الحصول على كفايتها باستمرار من الأكسجين.

وقد تتراكم المواد العضوية خلال بعض طبقات الزلط أو غيره فيلجأ إلى إزالتها ووضع طبقات غيرها إلى أن يتم تجفيفها وغسلها. وتوجد عدة طرق حديثة لتنقية مياه المجاري، وأساسها تحويل المواد العضوية المعلقة والغروية إلى مواد متجمعة في صورة شبه إسفنجية سهلة الترسيب، مع إكثار البكتيريا الهوائية على سطوح ذرات الحمأة لتعمل على هدم المواد العضوية واستقرارها وصفاء السائل المتخلف. وتعتمد هذه الطرق على تقليب وتهوية مياه المجاري في

أحواض الترسيب التي تعرف في هذه الحالة بأحواض تنشيط الحمأة، وذلك باستخدام وسائل خاصة كالهواء المضغوط أو المراوح الأفقية.

وتجفف الحمأة عادة بدفعها إلى أحواض رملية توجد تحتها طبقة من الزلط ومواسير الصرف المياه العالقة بها، وتترك معرضة للشمس والهواء ثم تنقل متى جفت وتشون كسماد عضوي. وقد تهضم الحمأة قبل تجفيفها، وذلك بتخميرها لاهوائياً في أحواض خاصة بمعزل عن الهواء. وفي هذه الحالة تعطي ما يسمى غاز الميثان الذي سيجيء ذكره فما بعد. وسماد الحمأة أو ما يعرف بسماد المجاري من الأسمدة العضوية الغنية حيث يحتوي على نحو ٦% رطوبة، ٤٣ مادة عضوية، ٢,٤% آزوت كلي، ١,٠% حامض فوسفوريك (فو٢ا٥)، ١,٠% بوتاسا.

ثالثاً: إنتاج غاز الميثان كوقود من تخمير المتخلفات النباتية والحيوانية لاهوائياً:

الميثان (ك يد٤) أو غار المستنقعات هو أبسط أنواع الأدروجينات المكربنة أو الأيدروكربونات، وكما يدل عليه اسمه يوجد في البرك وغيرها من الأماكن التي تنحل فيها المواد النباتية تحت الماء، وهو يعتبرأحد مكونات ذلك الغاز الذي ينبعث من جوف الأرض في حقول البترول فيلتهب أو يساق إلى حيث ينتفع به كوقود، كما يعتبر من مكونات ذلك الغاز الذي يكثر وجودهفي مناجم الفحم وإليه ترجع الانفجارات الشديدة التي تحدث فيها. ومحتوى غاز الفحم الذي ينتج من التقطير الإتلافي للفحم الحجري أي تسخينه بمعزل عن الهواء في صناعة لحم الكوك المعدني على نسبة عالية من الميثان، وذلك بعد تخليصه من القطران والسائل النشادري والزيت الخفيف وكبريتور الأيدروجين. ويستخدم ٤٠% من هذا الغاز عادة في تسخين أفران التكويك والباقي منه وقدره

٩٠% يستغل كوقود في المنازل والمعامل والمصانع كغاز الاستصباح أو الإضاءة الذي يتركب من: أيدروجين ٤٣ – ٥٥%، ميثان ٢٥ – ٣٥%، أول أكسيد الكربون ٤ – ١١%،أيدروكربونات غير مشبعة (كالأسيتيلين والبنزين) ٢,٥ – ٥%،آزوت ٢ – ١٢%، ثاني أكسيد الكربون ٠ – ١٢%،أكسجين – ١,٥%.

ويشبه الميثان غاز البوتاجاز المعروف والمحتوى على البيوتان (ك$_{٤}$ يد$_{١٠}$) والبيوتلين (ك$_{٤}$ يد$_{٧}$) اللذين ينشآن عن عمليات تكسير منتجات تقطير البترول الخام.

وإذا خمرت الفضلات النباتية والحيوانية بمعزل عن الهواء نتج غاز يحتوي على الميثان والأيدروجين وثاني أكسيد الكربون وكبريتور الأيدرجين والآزوت، وذلك بنسب تختلف باختلاف أنواع الفضلات وظروف تخمرها. وقد عرف إنتاج هذا الغاز من الحمأة على نطاق استغلالي بمحطات تنقية مياه المجاري منذ زمن بعيد في أحواض خاصة،ثم عرف إنتاجه من فضلات المدن كالقمامة وبقايا المجازر والمدابغ ونفايات المصانع، وأخيراً من المواد التي تتوافر في القرى والمزارع كالمواد البرازية للإنسان، وروث الماشية والحيوانات، والمتخلفات النباتية من تبون وأحطاب وقش وعروش.

ويحتوي الغاز الناتج على ٦٠% من الميثان أو أكثر، أما الباقي فأغلبه ثاني أكسيد الكربون بجانب القليل من الأيدروجين والآزوت وكبريتور الأيدروجين، وقوته الحرارية تتراوح بين ٥٠٠، ٨٠٠ وحدة إنجليزية للقدم المكعب، ويمكن زيادتها بتخليصه قدر الإمكان من ثاني أكسيد الكربون وبذلك يمكن تحويله إلى طاقة حرارية مباشرة، شأنه شأن غاز الاستصباح والبوتاجاز، أو ضغطه في أسطوانات واستخدامه وقودا لإدارة تربينات توليد الكهرباء أو

موتورات الآلات الصناعية والسيارات واللوريات والجرارات وآلات الحرث والحصاد والري وغير ذلك بعد إجراء التعديلات المناسبة فيها.

ويختلف معدل إنتاج الغاز وما يصحبه من ثاني أكسيد الكربون والأيدروجين باختلاف التركيب الكيمائي للفضلات والظروف المحيطة بتخمرها في خزانات التخمير، كنسبة المياه إلى المواد الصلبة، والحرارة ودرجة تركيز الأيدروجين، ونوع ومقدار المواد الطافية ووسائل تكسير هذه المواد وإثارة الغاز المتصاعد وتسهيل خروجه إلى خزانات التجميع. وتعتبر نسبة الأحماض الطيارة من أهم العوامل التي تؤثر في إنتاج الغاز، حيث يجب أن لاتزيد في أي وقت من الأوقات عن ٢٠٠٠ إلى ٣٠٠٠ جزء في المليون محسوبة على أساس حامض الأسيتيك، ولا سبيل إلى تحقيق ذلك إلا بضبط عملية إضافة الفضلات الجديدة وإزاحة الفضلات التي انتهى تخمرهاحتى يتاح للميكروبات مهاجمة هذه الأحماض وهدمها، وقد ثبت أنه لا فائدة من استخدام بعض القلويات كالجير لمعادلة الحامضية حيث تهيئ للميكروبات بيئة مناسبة لنشاطها وبالتالي تراكم الأحماض الطيارة وأملاحها، ولهذا يفضل إزالتها عن طريق إزاحة جزء من المياه التي تضاف عادة مع المواد الصلبة ثم إضافة ما يعادلها من مياه جديدة.

وقد يكون إنتاج غاز الميثان بطريقة "الباهيوجاز" جديراً بالإشارة هنا، وهي الطريقة التي أخذت في الانتشار بالريف الألماني منذ عام ١٩٤٧، فهي تعتمد على استخدام الفضلات النباتية والحيوانية التي تتوافر في القرى أو المزارع الكبيرة، وتعطي وحدة الإنتاج التي تستوعب فضلات ٢٥ رأساً من الماشية (روث وبول وقش كفرشة) –كمثل– نحو ٥٣٠,٠٠٠ قدم مكعب من الغاز، وتساوي الألف قدم مكعب منها ٧٨ رطلاً من الفحم أو ١٤٤٠ قدماً مكعباً من غاز الفحم أو ٤ جالونات من زيت الديزل أو البترول أو ١٤٠ كيلووات

في الساعة من الكهرباء المستعملة في الشئون المنزلية أو **٥٦** كيلووات في الساعة من الكهرباء المولدة للتيار. ويستخدم الغاز في الاستعمالات المختلفة التي ذكرناها في صدر هذا الموضوع فضلاً عن استخدام المواد العضوية المتخلفة كسماد عضوي مرتفع الآزوت وجيد التدبل.

رابعا- نشأة الفحم الحجري وزيت البترول الخام:

الفحم الحجري وزيت البترول الخام مادتان قامت عليها المدنيات الحديثة، غير أنه كثيراً ما دارت حولهما الدسائس الاستعمارية في سبيل اغتصابها بالباطل. فما شأن الميكروبات بهما؟ يرجح كثيرون من العلماء أن الفحم الحجري قد نشأ من أصول نباتية، أما زيت البترول الخام فقد نشأ من أصول حيوانية أو على الأغلب من كائنات بحرية، حيث دفنت هذه الأصول في باطن الأرض حينما تعرض العالم في الماضي البعيد جداً للتقلبات الطبيعة العنيفة، ثم أصابها الانحلال التدريجي بفعل الميكروبات وتحولت بتأثير عامل الضغط والحرارة في باطن الأرض خلال آلاف السنين إلى كتل فحمية متماسكة أو إلى سوائل لزجة قاتمة اللون.

والفحم الحجري على أنواع، فمنه الفحم العريق في القدم، وهو أجود الأنواع ويعرف بفحم "الأنتراسيت"، ومنه الفحم الحجري المادي، وقيمته الحرارية أقل من سابقه، ومنه الفحم الرخو أو "اللجنيت" وهو فحم في طريق التكوين بدليل احتفاظ بعض أجزائه كل النباتات التي نشأ منها. ويمكن تصور أثر العوامل المختلفة في تحويل الأصول النباتية إلى فحم إذا راجعنا أرقام الكربون والأيدروجين والأكسجين التي تحويها أنواع الفحم، بالإضافة إلى الخشب ودبال الغابات الذي يعرف باسم "البيت" أو "عجينة الفحم" التي تسبق تكوين الفحم الرخو أو "اللجنيت".

المادة	كربون	أيدروجين	أكسجين
–	%	%	%
الخشب الجاف	٤٨,٥	٦,٠	٤٣,٥
البيت (عجينة الفحم)	٥٨,٠	٦,٠	٣٠,٨
اللجنيت (الفحم الرخو)	٦٧,٠	٥,١	١٠,٥
الفحم الحجري العادي	٧٧,٠	٥,٠	٧.٠
فحم الأنتراسيت	٩٠,٠	٢,٥	٢

والفحم الحجري من الناحية الكيميائية مادة معقدة تتركب أصلاً من عناصر الكربون والأيدروجين والأكسجين مع كميات قليلة من عناصر أخرى كالآزوت والكبريت والفوسفور وغيرها، أما زيت البترول الخام فعبارة عن مزيج من عدة مواد تعرف باسم "الأيدروجينات المكربنة" حيث تتركب من عنصري الكربون والأيدروجين فقط.

خامسا- معيشة الأحياء البحرية:

إن القارات المعروفة وما عليها من تضاريس تكاد لا تشغل سوى ربع سطح الأرض، حيث يحيطها مساحة هائلة من الماء تقدر بنحو ٣٦١,٠٠٠,٠٠٠ كيلو متراً مربعاً، وهي ما تشغله البحار والمحيطات، ويبلغ حجم هذا الماء نحو ١,٣٧٠,٠٠٠,٠٠٠ كيلومتراً مكعباً حيث أن متوسط عمقه يبلغ نحو ٣٨٠٠ متر.

وتأوي هذه المياه العديد من الكائنات الحيوانية والنباتية التي تتصل حياة الملايين من البشر. قال سبحانه وتعالى "وَهُوَ الَّذِي سَخَّرَ الْبَحْرَ لِتَأْكُلُوا مِنْهُ لَحْمًا طَرِيًّا وَتَسْتَخْرِجُوا مِنْهُ حِلْيَةً تَلْبَسُونَهَا وَتَرَى الْفُلْكَ مَوَاخِرَ فِيهِ وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ". ولعل أجدر هذه الكائنات بالذكر هي الأسماك على

اختلاف أنواعها، والقشريات كالجمبري والسرطان (أبو جلمبو) والإستاكوزا (أم الربان)، والرخويات كالسيبيا والاستريديا والجندوفلي وشوكيات الجلد كخيار البحر والريتزا، وسباع البحر والحيتان، والمرجان، ثم الطحالب وبعض النباتات الزهرية. فما شأن الميكروبات بكل هذه الأحياء؟ إن دورة الغذاء في البحر كدورته في البر تماماً، فهي تعتمد على تلك المواد العضوية التي تصنعها الكائنات النباتية الدقيقة المعلقة في الماء التي يطلق عليها اسم "البلانكتون النباتي" أو "الفيتوبلانكتون"، حيث تأكلها الأسماك والحيوانات البحرية الأخرى التي يطلق عليها اسم "البلانكتون الحيواني" أو "الزوبلانكتون"، وقد تتغذى حيوانات على أخرى، وفي النهاية تؤول وهي حية إلى الإنسان بالصيد، أو تؤول وهي ميتة مع غيرها من المواد العضوية الأخرى إلى الميكروبات، فلا تتركها حتى تحيلها إلى أملاح غير عضوية بسيطة كأملاح النترات والفوسفات التي تستخدمها كائنات "الفيتوبلانكتون" الأخرى مرة ثانية. وهكذا تتم دورة الغذاء في البحر، وما يقال عنها يمكن أن يقال أيضا عن دورة الغذاء في الأنهار والبحيرات التي تأوي العديد من الأسماك الخاصة كذلك.

سادسا- استخراج ألياف نباتات الكتان والتيل بالتعطين:

الكتان من المحاصيل الزراعية ذات القيمة الاقتصادية، حيث تستخدم أليافه في صناعة بعض المنسوجات وفي عمل الدوبارة والأحبال وغيرها. وتوجد الألياف كخرم من مادة السليولوز تحيط بالسوق الخشبية الوسطى للنباتات، وتلتصق بعضها وبالسوق أيضاً بمادة صمغية هي "البكتين"، فضلاً عن أملاح حامض البكتيك. ولم تؤد البحوث التي أجريت حتى الآن إلى نجاح فصل هذه الألياف بالطرق الميكانيكية المباشرة أو الكيميائية، ولهذا يلجأ إلى ما يعرف بعملية التعطين التي تقوم بها أنواع من الميكروبات المفرزة لإنزيم "البكتينيز الذي

يذيب المادة اللاصقة للألياف. وتُجرى عملية التعطين بإحدى طريقتين وهما:

١- **الطريقة اللاهوائية**، وفيها تربط سوق النباتات وتترك مغمورة لمدة معينة في ماء راكد أو بطيء الجريان، حيث ترفع في الوقت المناسب أو بمعنى آخر قبل أن يبدأ السليولوز في الانحلال، وبعدئذ تجفف ثم تفصل الألياف ميكانيكياً وأهم الميكروبات اللاهوائية التي تعمل على تخمر المواد البكتينية في هذه الحالة هي أصناف من بكتيريا الـ "كلوستريديوم بكستينوفوروم" والـ "كلوستريديوم فيلزينيوم"، أما نواب التخمر فهي حامض البيوتريك والأسيتيك، وغاز ثاني أكسيد الكربون والأيدروجين والميثان وبريتور الأيدروجين، والكحول الإيثيلي والبيوتيلي والأسيتون وغيرها فضلاً عن مركبات الأحماض العضوية.

٢- **الطريقة الهوائية**، وفيها تنشر سوق النباتات على الأرض معرضة للندى أو المطر مدة من الزمن، ويحدث التطعين في هذه الحالة بواسطة أنواع من البكتيريا الهوائية المنتمية إلى مجموعة "ستلس" فضلاً عن بعض أنواع العفن، غير أن هذه الطريقة تسبب تحلل جزء من السليولوز فتضر بقيمة الألياف المستخرجة، ولهذا لا يعتد بها كطريقة صناعية.

وما يقال عن تعطين نباتات الكتان يمكن أن يقال عن تعطين نباتات التيل التي تستخدم أليافها أساسياً في صناعة العبوات.

سابعا- تحويل نباتات العلف الخضراء إلى "سيلاج":

فكر الزراع من قديم الزمان في حفظ نباتات العلف الخضراء أثناء وفرتها حتى حين الحاجة إلى استخدامها، وفي بداية القرن التاسع عشر أخذ زراع ألمانيا وهنغاريا في حفظ هذه النباتات بطريقة الكمر في حفر تحت سطح الأرض ونحا

على ذلك زراع أمريكا. ثم عكف الباحثون على دراستها وتطويرها إلى ما هو أحسن حتى استقرت بعد حين على أسس علمية وعملية سليمة أدت إلى انتشارها في أوروبا وأمريكا على السواء. والأساس العلمي لتحويل نباتات العلف الخضراء إلى سيلاج هو أن هذه النباتات متى حفظت مضغوطة جيداً بمعزل عن الهواء في حفرة عادية أو صومعة مبنية استمرت خلاياها في أداء وظائفها الحيوية ومنها التنفس الذي يؤدي إلى استهلاك الأكسجين الموجود في الحفرة أو الصومعة وينتج غاز ثاني أكسيد الكربون، وبعد مضي خمس ساعات تقريباً ينفد كل الأكسجين وبذلك يمتنع نمو البكتيريا الهوائية والعفن، وتتضاعف في الحال أنواع البكتيريا اللاهوائية التي تهاجم السكريات الموجودة بالنباتات وتعمل على تخميرها منتجة أحماضاً عضوية أهمها حامض اللاكتيك والأسيتيك والبيوتريك،

وهذه النواتج الحمضية هي أهم تغير يحدث، إذ أن وجود الوسط الحامضي يمنع نمو أنواع البكتيريا غير المرغوب فيها وعلى الأخص التي يتسبب عنها انحلال البروتينات وتعفن السيلاج وفساده. وإذا ما وصلت الحامضية إلى درجة معينة فإن التخمر يقف وتبقى نباتات العلف كما هي بدون تغيير يذكر، على شرط أن لا يتسرب إليها الهواء. هذا وتلعب بكتيريا حامض اللاكتيك الكروية (الإستربتو واي) وبكتيريا حامض اللاكتيك العصوية (اللاكتوباسيلاي) الدور الرئيسي في التخمر بجانب ما تلعبه الإنزيمات النباتية وبعض الخمائر وإن كان دورها ثانوياً وخاصة في البداية.

ولما كانت محتويات نباتات العلف من الكربوهيدرات الذائبة أي السكريات هي أساس تكوين الأحماض العضوية، فإن نباتات العلف المحتوية على كمية قليلة نسبياً من الكربوهيدرات الذائبة مع وجود كثير من القواعد

التي تتحد مع الأحماض المتكونة -كما هو الحال في البرسيم الغني في المواد البروتينية- يجب تشجيع تكوين الحامضية فيها بأية وسيلة من الوسائل، وذلك بعكس الذرة الخضراء فهي ليست في حاجة إلى شيء لاحتوائها على كمية عالية نسبياً من الكربوهيدرات الذائبة. وإن تشجيع تكوين الحامضية في البداية يساعد على تكوين حامض اللاكتيك المرغوب فيه نظراً لأن البكتيريا المنتجة له تتميز بتحملها للحامضية أكثر من غيرها المنتجة لحامض البيوتريك غير المرغوب فيه (كلوستريديوم بيوتيريكم) وكذلك البكتيريا اللاهوائية المحللة للبروتينات (كلوستريديوم سبورجنيس). ويكون تشجيع تكوين الحامضية بإضافة مواد كربوهيدراتية كالمولاس والعسل الأسود، أو بإضافة أحماض معدنية كحامض الكلوردريك أو الكبريتيك المخفف.

ثامنا- إنتاج اللحم الصناعي:

من المعروف أن بعضاً من أنواع الفطريات التي تنمو على سطح التربة الغنية بالمواد العضوية أو أكوام السماد العضوي يستخدم كغذاء للإنسان، ومنها الفطر الشائع المسمى "عيش الغراب- أجاريكوس"، وال "كورتيناريو" وال "فلفا" وال "ترفزيا"، وذلك في الصين واليابان والفلبين وجاوة ومدغشقر وغرب أفريقيا وشمالها وجنوب إسبانيا والبرتغال. وقد بلغ من الإقبال عليها هناك أن عمد بعض الأهالي إلى تشجيع نموها وإكثارها، وذلك بتكويم المتخلفات النباتية كقش الأرز وقش قصب السكر وأوراق وسوق الموز في أماكن رطبة ظليلة، مع رشها بين حين وآخر بالماء الناتج من غسل الأرز أو النفايات المتخلفة من صناعة السكر.

وفي بعض أنحاء العالم، حيث توجد وفرة في المواد الكربوهيدراتية الرخيصة وقلة في المواد البروتينية، يستفاد بالخميرة كغذاء للإنسان وخاصة في أوقات

الحروب والأزمات، ففي الحرب العالمية الأولى أنقصت ألمانيا ناتج البيرة إلى نحو ستين في المائة من إنتاج ما قبل الحرب في سبيل التفرغ لإنتاج الخميرة كغذاء، وتكرر ذلك في الحرب العالمية الثانية حيث كانت الخميرة مكملة لجرايات الخبز. وقد أقامت بريطانيا مصنعاً في جاميكا لإنتاج الحيرة في سبيل تموين الجيوش المحاربة وسد حاجة المدنيين، وحذت الولايات المتحدة حذوها فأقامت مصنعاً في سانت لويس بولاية ميسوري لنفس الغرض، وذلك بتنمية الأخيرة المعروفة باسم "توريولو بسس يوتيليس" في محلول من المولاس المحتوي على الآزوت في صورةأملاح نشادرية مع التهوية المستمر. هذا ويمكن استبدال المولاس بمتخلفات الحبوب والمواد السليولوزية بعد إخضاعها للانحلال المائي كما سبق ذكره في الباب الثالث.

وقد اتجه العلماء في السنين الأخيرة إلى الطحالب أيضاً، وتبين أنه يمكن تنميتها لإنتاج المواد البروتينية ذات القيمة الغذائية العالية، وذلك لاحتوائها تماما على العديد من الأحماض الأمينية الأساسية وبعض الفيتامينات الهامة فضلاً عن الدهون. وهكذا يتطلع العلماء إلى الأمل في إيجاد مصادر جديدة للغذاء عن طريق الميكروبات، لا للإنسان فحسب بل لحيواناته أيضاً، حيث يمكن استخدام الخميرة أو الطحالب كعلف، على أن يكون ذلك حلًّا لمشكلة تزايد عدد سكان العالم وسد احتياجاتهم من الغذاء.

تاسعا- استخدام مضادات الأحياء في بعض النواحي الزراعية والصناعية:

لم يقتصر استخدام مضادات الأحياء في الخارج على النواحي الطبية فقط بلامتد إلى بعض النواحي الزراعية والصناعية الهامة، على أن هذا الاستخدام ما زال في طور البحوث المصحوبة بالحذر كما يتبين مما يلي:-

١- استخدام مضادات الأحياء في تغذية الحيوانات، تركزت معظم البحوث في إضافة هذه المضادات إلى علائق الدجاج والخنازير والحيوانات المجترة، ودلت النتائج على أن معدل نمو هذه الحيوانات ومدى قدرتها على مقاومة الأمراض يزداد بإضافة هذه المضادات أو المواد المتخلفة عن صناعتها إلى العلائق، ويُعزَّى ذلك إلى تأثيرها في الكائنات الحية الدقيقة الضارة التي تعيش داخل القناة الهضمية للحيوانات أو الحد من نشاطها. هذا ولم يثبت حتى الآن بالدليل القاطع أن استهلاك بيض أو ألبان أو لحوم مثل هذه الحيوانات لا خطر منه على الصحة العامة، خاصة وأنه لا يوجد من الطرق الدقيقة ما يتسنى به الكشف عن المضادات في هذه المنتجات إلا إذا بلغت درجة تركيزها حدًّا عالياً نسبياً.

٢- استخدام مضادات الأحياء في مقاومة أمراض النباتات، بُذلت محاولات عديدة لمقاومة أعداء النباتات من حشرات وميكروبات عن طريق بعض الفطريات والبكتيريا التي تستطيع التطفل عليها، وهي ما تعرف باسم "المقاومة البيولوجية". غير أن هذه المحاولات لم تؤد حتى الآن إلى نتائج إيجابية بالمعنى الواسع، ولهذا وجه المشتغلون بأمراض النباتات اهتمامهم في السنين الأخيرة إلى استخدام مضادات الأحياء في مقاومة هذه الأمراض، وذلك برش النباتات في الحقل بمضادات الفطر والبكتيريا أو بمعالجة بذورها قبل زراعتها بهذه المضادات حيث ثبت أن لبعضها تأثيرا جهازياً، أي أنها تمتص بواسطة النباتات وتنتقل داخلها.

٣- استخدام مضادات الأحياء في التخمرات الصناعية، تعتمد الصناعات الميكروبيولوجية أو بمعنى آخر التخمرات الصناعية على فعل ميكروبات معينة تختلف باختلاف المواد التي تنمو عليها أو التي يراد إنتاجها كما جاء

في الباب الثالث. ويعتبر وجود أنواع دخيلة من البكتيريا أثناء التخمر عاملا ضارا، حيث تؤدي إلى الحصول على منتجات أخرى ثانوية تزيد من تكاليف الإنتاج وتسيء إلى جودته، وقد لا يمكن القضاء على هذه البكتيريا بالتعقيم في كل الحالات، فهو يقضي مثلاً على إنزيم الأميليز الذي يحول النشا الموجود بمولت الشعير إلى سكر مولتوز في صناعة المشروبات الكحولية، في حين أنه يمكن القضاء عليها دون الإضرار بسير التخمر عن طريق استخدام تركيزات مناسبة من بعض المضادات.

٤- استخدام مضادات الأحياء في حفظ الأغذية، ترتبط أنواع من البكتيريا اللاهوائية المتجرثمة وعلى الأخص الـ "كلوستريد يوم بوتولينم" بفساد كثير من الأغذية التي تعبأ في العلب الصفيح كالأسماك واللحوم والخضروات. وتمتاز جراثيم هذه البكتيريا بشدة مقاومتها للحرارة المرتفعة، ولهذا تركزت البحوث في استخدام بعض مضادات الأحياء في سبيل زيادة حساسية هذه الجراثيم للحرارة المرتفعة مع القضاء عليها بمجرد إنباتها أو بمعنى آخر مجرد تحولها إلى الطور الخضري طوال مدة الحفظ. وقد تركزت البحوث أيضاً في مدى إمكان استخدام بعض مضادات الأحياء لوقف أي فساد ميكروبيولوجي في اللحوم الطازجة والأسماك والخضر والألبان على درجة الحرارة المادية؛ وذلك لمدة قصيرة أي لحين الاستهلاك المباشر. غير أنه لا زالت القوانين في بعض البلاد بالخارج تعتبر وجود أية نسبة من مضادات الأحياء في الأغذية خطرا على الصحة العامة، ولهذا يُحظر استخدامها كمواد حافظة حتى الآن.

ملحق بعض المصطلحات الأجنبية

(أ)

أميبا	Amoeba	أدنين	Adenine
إنتاميبا هيستوليتيكا	Entamoeba histolytica	أندروستيرون	Andorsterone
أنوفيل	Anopheles	أستروجينات	Oestrogenes
أسكاريس	Ascaris	انتشار غشائي	Osmosis
أنكلستوما	Ancylostostoma	أيونات	Ions
آسيكة أو أسكومايسيتز	Aseomycetes	انقسام إلكتروليتي	Electrolytic dissociation
أسبرجللس	Aspergillus	انقسام مباشر	Amitosis
أكتينومايسيتلز	Actinomycetales	انقسام غير مباشر	Mitosis
أوتوتروفية	Autotrophic	أجسام ثمرية	Fruiting bodies
إنفرتيز	Invertase	اختمار كيميائي	Chemical fermentation
إنزيمات	Enzymes	أنثراكس (جمرة خبيثة)	Anthracls
أكسيهيموسيانين	Oxyhaemocyanim	إحساس	Irritability
إسقربوط	Scorbute	إخراج	Excretion
أنيميا	Anemia	إفراز	Secretion
أكروميجاليا	Acromegaly	اختيارية	Facultative
إنسولين	Insulin	امتصاص	Absorption
أدرينالين	Adrenalin	إنزيمات خارجية	Extracelluar evnzymes
إرجستيرول	Ergosterol	إنزيمات داخلية	
إستيرولات	Sterols		Intracellular enzymes
إنزيمات تنفسية	Respiratory enzymes	إريموثيسيوم	Eremothecium ashbyil

	آشبيا		
Aureomycin	أوريومايسين	Ultra violet rays	أشعة فوق البنفسجية
Ehrlich	إيرلخ	Electron beams	أشعة إلكترونية
Aspergillus oryzae	أسبرجللس أوريزا	Test tubes	أنابيب اختبار
Aspergillus flavns oryzae	أسبرجللس فليفس أوريزا	Petri dishes	أطباق بتري
Acetobacter aceti	أسيتوبا كترأسيتاى	Inoculating needle	إبرة تطعيم
Acetobacter pasteuianum	أسيتوبا كتر باستيربانم	Staines films	أغشية مصبوغة
Acetobacter kuetzingianum	أسيتوبا كنركتزنجيانم	Gapsules	أغلفة
Acetobacter xylinum	أسيتوبا كترزيلينم	Polar germi-nation	إنبات جرثومي طرفي
Acetobacter schuezenbachii	أسينوبا كتر شويزنباخياي	Equatorial germination	إنبات جرثومي جانبي
Eschericha coli	إشيريشيا كولاى	Oblique ger-mination	إنبات جرثومي
Aerobacter aerogenes	إيروباكتر إروجنيس	Oxidation-reduction	أكسدة واختزال
Amylases	أميليزات	Idol	إندول
Antigense	أنتيجينات	Skatol	إسكاتول
Hydrocarbons	إيدروكربونات	Mother of vinegar	أم الخل
Agaricus	أجاريكوس	Uronic acids	أحماض يورونية
Volatile acids	أحماض طيارة	Actionmycetes	أكتينوميسيتس
Auto lysis	انحلال ذاتي	Auxins	أوكسينات
Nitrate reduction	اختزال الآزوتات	Auximones	اوكسيمونات
Decomposition of organic matter	انحلال المواد العضوية	Azotobacter	آزوتوباكتر
		Alpha- amylase	ألفا- أميليز
pigments	أصباغ (مواد ملونة)	Amyloglucosi-dase	أميلوجلوكوسيدات

آشبيا جوسيبياى	Ashbya gossupii

(ب)

بروتوبلازم	Poroplasm
بلاستيدات	Plastids
براميسيوم	Paramecium
بيضية	Oomycetes
بنيسيليوم	Penicllium
بازبدومايستيز	Basidomycetes
بكتيريا	Bacteria
بنكرياس	Pancreas
بيسين	Pepsin
بلاجرا	Pellagra
بري بري	Beri- bri
بيريدوكسين	Pyridoxine
بروجستيرون	Progesterone
بنتوزات	Pentoses
بنتوزانات	Pentosans
برونامينات	Protamines
باسيللس ستسلس	Bacillus subtitles
باسيللس ميكويدس	Bacillus mycoides
بروتن فلاجارس	Proteus vulgaris
بكتيريوم فلورسنس	Bacterium fluorescens
بكتيريوم كولاى	Bacterium coli
باسيللس أميلوباكتر	Bacillus amylobacter
باسيللس بيوتريفيكس	Bacillus purtrificus
بكتيريم نيتروباكتر	Bacterium nitrobacter
بودريت	Poudrette
برلون	Perlon
بلاستيك (لدائن)	Plastic
بنيسسيليوم روكيفورتي	Penicillium requefori
باراكازين	Paracasein
بروتييزات	Prorteases
بكتينيزات	Pectinases
بنيسيللينز	Penicillinase
باباز	Papain
بنكرياتين	Pancreatin
بيتا– أميليز	Beta –amylase
بنيسيليوم نوتاتم	Penicillium noatum
بروتيوليتية	Protyeolitic
بروجستيرون	Progesterone
بلازما	Plasma
باراتيفويد	Pararyphoid
برونتوزيل	Prontosil
بارا أمينو بنزين سلقوناميد	p- aminobenzeosulphonamide
باسيللس أنثراكس	Bacillus anthraxis
بيوسيانيز	Pyocyanase
بوتاجاز	Butagas
بايهيوجاز	Bihugas

بكتيريوم نيتروزوكوكس
Bacillus nitrosococcus
بناء Anabolism
براعم Buds
بيئات مزرعية Culture media
بيئات طبيعية Natural media
بيئات صناعية Artificial media
بيئات صلبة
Liquefiable solid media
بنجر السكر Sugar beets
بريمي Spirillum & Spirochaeta
بستره Pasteurization
بنسيلين Penicillin
براز الحيوان Animal excrements
تحول غذائي Metabolism
توالد ذاتي Spontaneous generation
تغذية Nutrition (lngestion)
تنفس Respiration
تورو كوليت الصوديوم
Sodium taurocholate

(ت)

تمثيل Assimilation
تنفس هوائي Aerobic respiration
تنفس لا عضوي
Inorganic respiration
تنفس عضوي organic respiration
تنفس لاهوائي

بيت Peat
بلانكتون Plankton
تنفس لاهوائي داخل الجزء
Anaerobic intramolecular respiration
تنفس هيدروليتي
Hydrolytic respiration
تكاثر
Multiplication (reproduction)
تكاثر تزاوجي
Sexual reproduction
تكاثر لا تزاوجي
Asexual reproduction
تكاثر خضري
Vegetative reproduction
تعريض للأشعة Irradiation
تعقيم Sterilization
ترشيح Filteration
تلوث Contamination
تخفيفات Serial dilutons
تفريغ Evacuation
تجميد المزارع بطريقة التجفيف
Lyophilysation
تأثير البيئة في الميكروبات
Influence of the environment upon microorganisms
تلحيم Fleshing
تشعير Dehairing
تعتيق Aging

Storage تخزين
Clarification ترويق
Turbidity تعكير
Putrefaction تعفن
Reaction تأثير
تمثيل النشادر
Ammonium assimilation
Nitrifiction تأزت
تمثيل الآزوتات
Nitrate assimilation
Nitrogen fixation تثبيت الآزوت
تثبيت الآزوت عن طريق المعيشة المشتركة أو تبادل النفع
Symbiotic nitrogen fixation
تثبيت الآزوت عن غير طريق المعيشة المشتركة
Nonsymbiotic nitrogen fixation
تلقيح البذور
Seed inoculation

(ث)

Thallophyta ثالوثية
Thyroxine ثيروكسين
Thiamine ثيامين
Thermopilic ثرموفيلية

(ج)

Gonidiospores جراثيم كونيدية
Glycogen جليكوجين
جرانيولوباكتر بكتنومفورم
Granulobacter pectinovorum

Anaerobic respiration
تنفس لاهوائي خارج الجزء
Anaerobic intermolecular respiration
تفكك البترول
Charching of petroleum
تقطير إتلافي
Destructive distillation
Lionization تأين
Hydrolysis تأدرت
Trypanosome تريب نوسوما
Tse tse تسي تسي
Trematoda تريماتودا
Turblaria تربلاريا
Torulopsis تورولبسس
Trypsin تربسين
Testosterone تستوستيرون
Chamberland تشمبرلند
Trichoderma تريكوديرما
Terylene تريلين
Tyrothricin تيروثريسين
Tyrocidin تيروسيدين
Terramycin ترامايسين
Toxins توكسينات
Typhoid تيفويد
Tytanus تيتانوس
Tryponema pallida تريبونيما باللیدا
Terfezia ترفزيا
توريولوبسس يوتيليس
Torulopsis utilis

Photosynthesis	تمثيل ضوئي
Chemosynthesis	تمثيل كيميائي
Spore	جرثومة
Sodium glycochlate	جليكو كوليت الصوديوم
Surface tension	جذب سطحي
Embryo	جنين
Glueosidases	جلوكوسيديزات
Glucose oxidase	جلوكوز أكسيديز
Gramicidin	جراميسيدين

(ح)

Cross walls (Septa)	حواجز
Motility	حركة
Spiral	حلزوني
Hops	حشيشة الدينار

(خ)

Filamentous	خيطي
Streaks	خطوط
Single cell	خلية مفردة
Vinegar	خل
Wild yeast	خمائر برية
Curd	خثرة

(د)

Drosera	دروسيرا
Dionaea	ديونبا
Diatoms	دياتومات
Genes	جينات
Genus	جنس
Diastases	دياستيزات
Dextran	دكستران
Dextran succarase	دكستران سكريز
Diphtheria	دفتريا
Diplococcus pneumoniae	دبلو كوكس نيمونيا
Flasks	دوارق
Tanning	دباغة
Flour	دقيق
Hedrogen ion concentration	درجة تركيز ايون الايدروجين
Cycles of elements	دورات العناصر
Carbon cycle	دورة الكربون
Nitrogen cycle	دورة الآزوت

(ذ)

Monotricous	ذات فلاجلوم واحد طرفي
Lophotricous	ذات خصلة من الفلاجات على أحد الطرفين
Peritricous	ذات فلاجات منتشرة على الخلية
amphitricous	ذات فلاجلوم أو خصلة على الطرفين

(ر)

Saprophytic	رمية
Dung	روث

ديسنتاريا أميبية	Amoebic dysentery
داكرون	Dacron
دكسترينات	Dextrins
دكسترينيز	Dextrinase
ريزوبيم ميليلوتي	Rhizobium meliloti
ريزوبيم ترايفولياي	
	Rhizobium trifolli
ريزوبيم ليجيومينوزيرم	
	Rhizobium leguminosarum
ريزوبيم	Rhizobium phaseoli
فاصيولي	
ريزوبيم ليوبيني	Rhizobium lupine
ريزوبيم جابونيكم	
	Rhizobium japonicum
رايون	Rayon
ريزوبس جابونيكوس	
	Rhizopus japonicus
ريزوبس ديليمار	Rhizopus delemar
روكفر	Requefort
رنين	rennin
ربكتزيا برووازيكياي	
	Rickettsia prowazeklii

(ز)

زيجيه	Zygomycetes
زيجوت	Zygote
زنتنات السليلوز	
	Cellulose xanthate

ريزوويس	Rhizopus
ريكتزيا	Rickettsiae
ريزومة	Rhizome
ريبوفلافين	Riboflavin

(س)

سيتوبلازم	Cytoplasm
سبيروجيرا	Spirogyra
سكروميسز	Saccharomyces
ساليوتا	Psalliota
سنتروزوم	Sentrosome
سيروم	Serum
سيانوكوبالامين	Cyanocobalamine
سيكرفيلية	Psycrophilic
سليولوز	Cellulose
سلبوليز	Cellulasc
سلوبيوز	Cellobiose
سلوبييز	Cellobiase
سيتيز	Cytase
سبيروكيتا	
سيتوفاجا	
	Spirochaeta cytophaga
سليولويد	Celluloid
سكرومسيز	
سرفيسيا	
	Saccharomyces cerevisiae
سكرومسيز سرفيسيا لليبسويدس	
	Saccharomyces cerevisiae vr. ellipsoideus
ساكي	Sake
ستربتوكوكس لاكتس	
	Streptococcus lactis

زوبلانكتون	Zooplankton
زجاجات تجفيف	Dilution bottles
زرع للميكروبات وحفظها	Cultivation and maintenance of cultures
ستربتومايسين	Streptomycin
ستافيلوكوكس	Staphylococcus
سبيروكيتس	Spirochaetes
سفلس	Syphilis
سلفا بيردين	Sulphapyridine
سلفر سان	Salvarsan
سلفوناميد	Sulphonamide
سلفا ديازين	Sulphadiazine
سلفا جوانيدين	Sulphaguanidine
سلفا نيلاميد	Sulphanilamide
سبتلين	Subtilin
سيد موناس بيوسيانيس	Pseudomonas pyocyaneus
ستربتومايسز جريزز	Streptomyces griseus
ستربتومايسز لافنديولا	Streptomyces lavendulae
ستربتومايسز فنيزبولا	Streptomyces venezuelae
ستربتومايسز أوريوفيشنز	Streptomyces aureofaciens
سالمونيلا تايفوسا	Salmonella typhosa
سيلاج	Silage
سائل نوشادري	Ammoniacal liquor
ستربتوكوكس ثرموفيلس	Streptococcus thermophillus
سكروميسز فراجيلس	Saccharomycesfragilis
سكريات ثلاثية	Trisaccharides
سكريات عديدة التسكر	Polysaccharides
سباخ بلدي	Farmyard manure
سماد بلدي صناعي	Artificial farmyard manure
سماد المجاري	Sludge
سماد القمامة	Garbage manure
سلالة فعالة	Effective strain
(ش)	
شيزومايستيز	Shizomycetes
شريحة زجاجية	Slide
شريحة ذات دائرة مجوفة	Halow ground slide
(ص)	
صفات وراثية	Hereditary characters
صفات مزرعية	Cultural characteristics
صفات مورفولوجية	Morphological characteristics
صفات فسيولوجية	Physiological characteristics
(ض)	

سائل قطراني	Coal tar
سكريات أحادية	Monosaccharides
سكريات ثنائية	Disaccharides

(ط)

طاقة	Energy
طفيلية	Parasitic
طفرات	Mutants
طريقة التنشيط	Enrichment procedure
طريقة المزرعة السطحية	Surface culture process
طريقة المزرعة المغمورة	Submerged culture process

(ع)

علم الحياة	Biology
علم الشكل الخارجي	Morphology
علم وظائف الأعضاء	Physiology
علم البيئة	Ecology
عديد الخلايا	Multicellular
عائلة	Family
عمليات حيوية	Biological process
عزل	Isolation
عدسات بصرية	Ocular lens
عدسات شيئية	Objective lens
عصوي	Rod- shaped
عصية	Bacillus
عديمة الفلاجلات	Atricous
عجين	Dough
عكس التأزت	Denitrification
عقد	Nodules

ضغط جوي	Atmospheric pressure
ضمى	Vibrio
ضغط أسموزي	Osmotic pressure

(غ)

غدد لاقنوية	Ductless gland
غطاء شريحة زجاجية (صفيحة غطائية)	Cover slip
غرفة رطبة	Moist chamber
غاز الاستصباح (غاز الإضاءة)	Illuminating
غرويات	Colloids

(ف)

فصيلة	Order
فلاجوم	Flagellum
فرن لافح	Blast furnace
فرشة	Litter
فيتوبلانكتون	Phytoplankton
فولفا	Volva
فورتسلا	Voricella
فورامينيفرا	Foraminifora
فيوكس	Fucus
فولفكس	Volvox
فيكومايستيز	Phycomycetes
فيرس	Virus
فيتامينات	Vitamins
فورفورال	Furfural

(ق)

قبيلة	Phylum
قسم	Class

(ك)

كومبست Compost

كلوروفيل Chlorophyll

كروماتين Chromatin

كروموسومات Choromosomes

كلاميدوموناس Chlamydomones

كونيديا Condidia

كانديدا Candida

كلاميدوبا كتريبلز Chlamydobacteriales

كوليرا Cholera

كترکتا Cataract

كوليسترول Cholesterol

كرات الدم البيضاء White blood corpuscels (leukocytes)

كيمياء علاجية Chemotherapy

كاروتين Carotene

كورتيكوستيرون Corticosterone

كاؤولين Kaolin

كيراتين Keratin

كولاجين Collagin

كلوستريديوم ديزولفز Clostridium dissolvens

كلوستريديوم بيوتريكم Clostridium butyricum

كلوستريديوم أسيتوبيوتيليكم

كتاليز Catalase

كربوهيدريزات Carbohydrases

كورتيزون Cortisone

كلورومايستين Chloromycetin

كلوستربديوم بكتينوفوروم Clostridium pectinovorum

كلوستربديوم فلزينيوم Clostridium felsinenum

كلوستربديوم سبوجنبي Clostridium sporogenes

كورتيناريوس Cortinarius

كلوستربديوم بوتيولينم Clostridium botulinum

(ل)

لاميناريا Laminaria

لاكتوباسيللس كازاى Lactobacillus casei

لاكتوباسيللس ديلبروكياى Lactobacillus delbrucckii

لاكتوباسيللس بلجاريكس Lactobacillus bulgaricus

لاكتوباسيللس بلانتارم Lactobacillus plantarum

لاكتوباسيللس بريفز Lactobacillus brevis

لاكتوباسيللس ميزنتيرويدز Lactobacillus mesenteroides

Clostridium actetobutylicum

Kumis	كومس
Lipase	ليبز
Lactase	لاكتيز
Leuconostoc mesenteroides	ليكونوستوك ميزنترويدز

(م)

Metazao	ميتازوا
Mycelium	ميسليوم
Mucor	مبوكر
Mushroom	مشروم
Myxomycetes	مكسومايستيز
Mycobacteriaceae	ميكوبا كتريبيسى
Mycobacteriales	مبكوبا كتزيلز
Microorganisms	كائنات دقيقة
Micron	ميكرون
Bile	مرارة (صفراء)
Malt	مولت
Kingdom	مملكة
Colonies	مستعمرات (مجموعات)
Antiseptics	مواد مطهرة
Disinfectants	مواد مبيدة
Intermediate compound	مركب وسطي
Solvent	مذيب
Resins	مواد راتنجية
Plasticisers	ممرنات
Cyclic compounds	مركبات حقلية
Rennet	منفخة

Lactobacillus acidophilus	لاكتوباسيللس أسيدوفيلس
Solid base cultures	مزارع بكتيرية محملة على مواد جافة
Alfalfa group	مجموعة البرسيم الحجازي
Clover group	مجموعة البرسيم
Pea group	مجموعة البسلة
Bean group	مجموعة الفول
Lupine group	مجموعة الترمس
Soybean group	مجموعة الفول الصوا
Cpwpea group	مجموعة اللوبيا
Mesophilic	ميزوفيلية
Micrococcus flavus	ميكروكوكس فلامس
Micrococcus pyogenes	ميكروكوكس بيوجنيس
Mucor rouxii	ميوكر روكسياي
Micrococcus lactis ac'di	ميكروكوكس لاكتس أسيداي
Mannitol	مانيتول
Mycobacterium tuberculosis	مايكوبكتيريوم تيوبر كيولوزس
Methane	ميثان

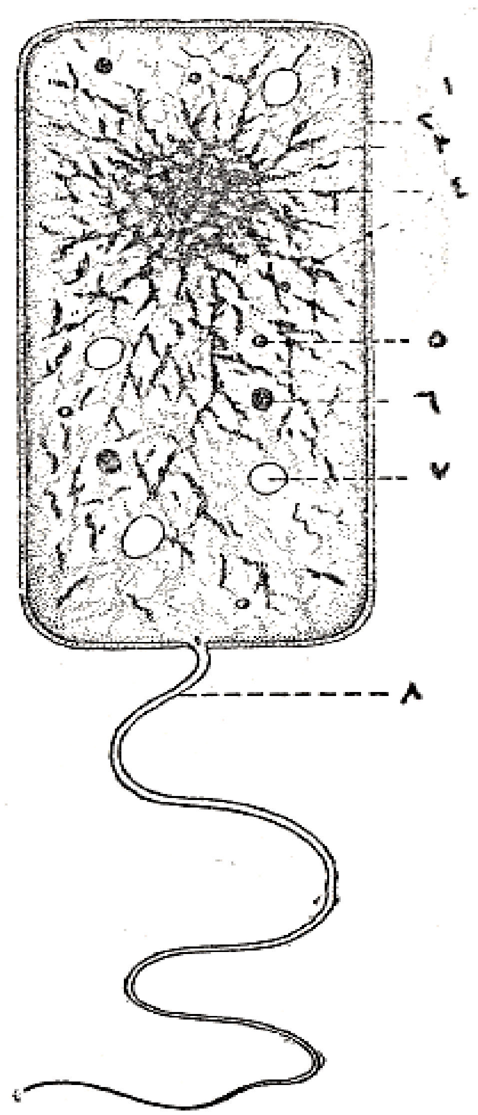
(ن)

Growth	نمو
Species	نوع
Nematode	نيماتودا
Nepenthes	نيبنسز

مركب الامتصاص	Absorbing complex
(هـ)	
هوائية حتما	Strickly aerobes
هدم	Catabolism
هيفا	Hypha
هتروتروفية	Heterotrophic
هيموجلوبين	Haemoglobin
هيموسيانين	Haemocyanin
هرمونات	Hormones
هكسوزانات	Hexosans
هكسوزات	Hexoses
هيميسليولوز	Hemicellulose

نيكوتيناميد	Nicotinamide
نيزيريا جونوهويا	Neissaria gonorrhoeae
هيومس (دبال)	Humus
هيموفيلس بيرتيوزيس	Hempophillus pertussis
(و)	
وحيدة الخلية	Unicellular
ورت	Wort
(ي)	
يوجلينا	Euglena
يوبا كتريلز	Eubacteriales
يوغورت	Yoghourt

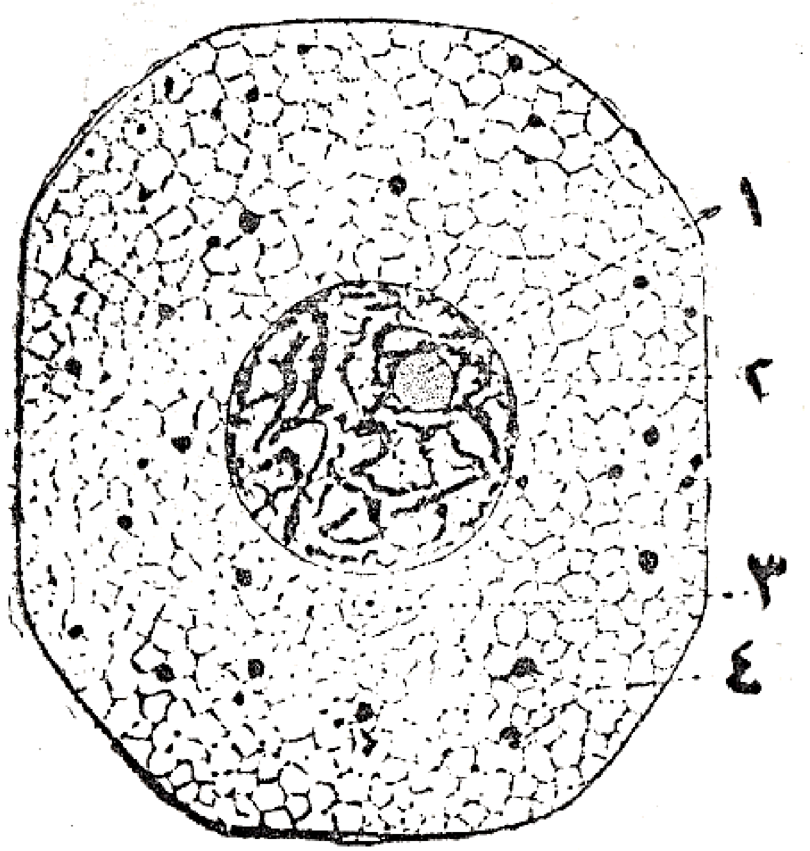
قائمة الرسوم والصور



رسم يمثل تركيبة خلية بكتيرية (عن هيليارد).

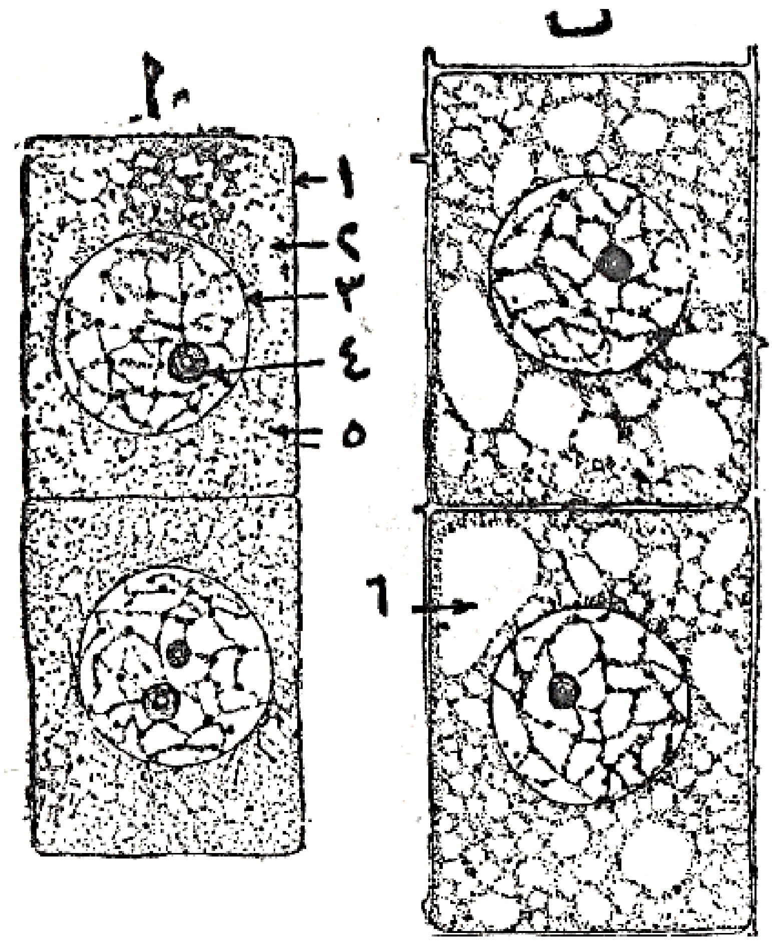
١ –غلاف ٢– غشاء خلوي ٣– سيتوبلازم ٤– نواة وخيوط كروماتينية

٥– نقطة زيتية ٦– مواد غذائية مدحرة ٧– فجوة ٨– فلاجلوم



خلية حيوانية (عن هادلي).

١ -نوية ٢ - نواة ٣ - ستروزوم ٤ -حبيبات غذائية في البروتوبلازم

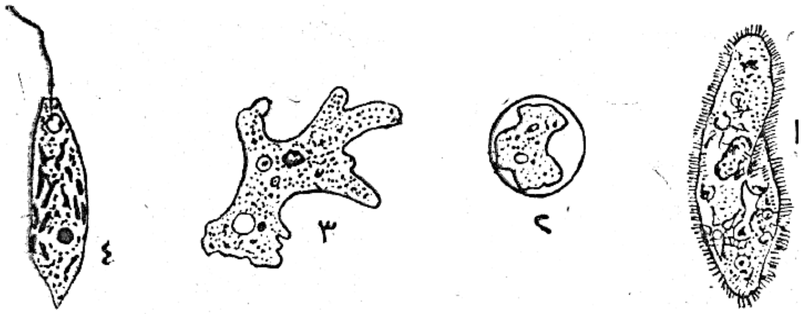


خلية نباتية (عن روبنز).

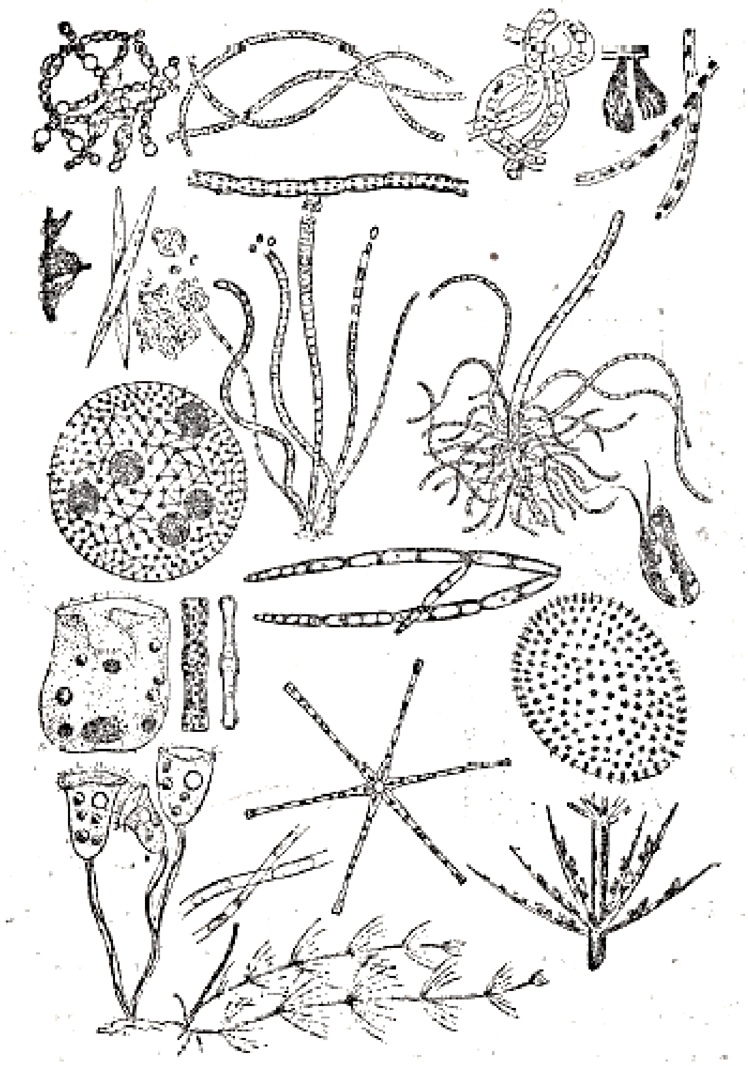
(أ) خلية نباتية صغيرة (ب) خلية نباتية كبيرة

١–غشاء بروتوبلازمي ٢–سيتوبلازم ٣–غشاء نووي ٤–نوية

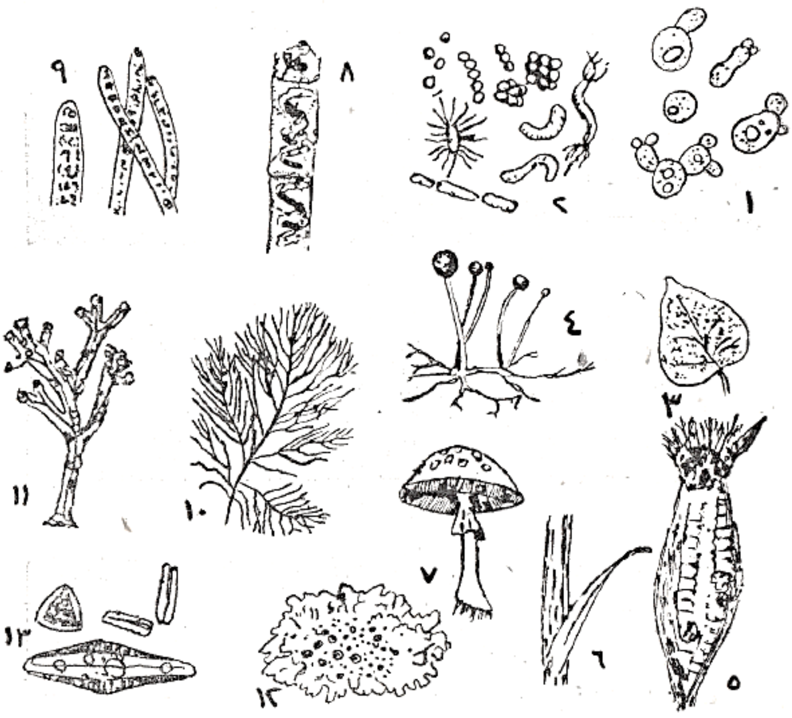
٥–بلاستيدات ٦–فجوة



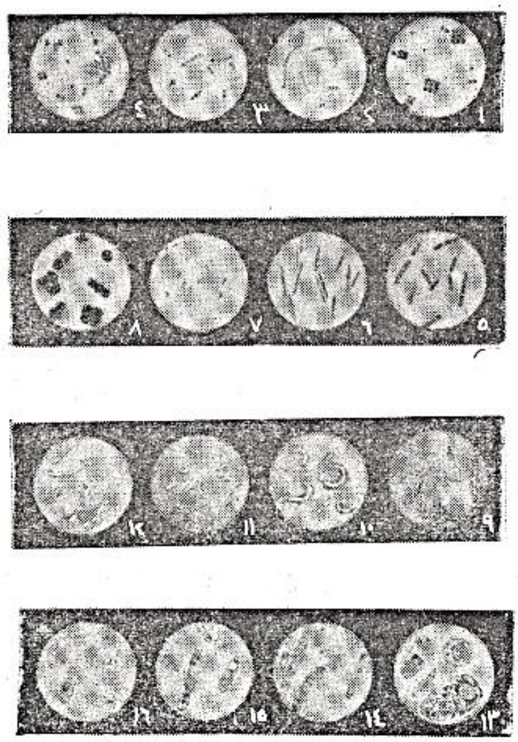
براميسيوم، ملاريا، أميبا، يوجلينا (عن كليفتون).



بعض الأحياء الحيوانية والنباتية الأولية (عن سكلينج).



خميرة، بكتريبا، مرض البياض، عفن الخبز، مرض التفحم، مرض الصدأ، مشروم، إسبيروجيرا، طحالب زرقاء مخضرة، طحلب أحمر، فيوكس، يكن، دياتومات (عن كليفتون).



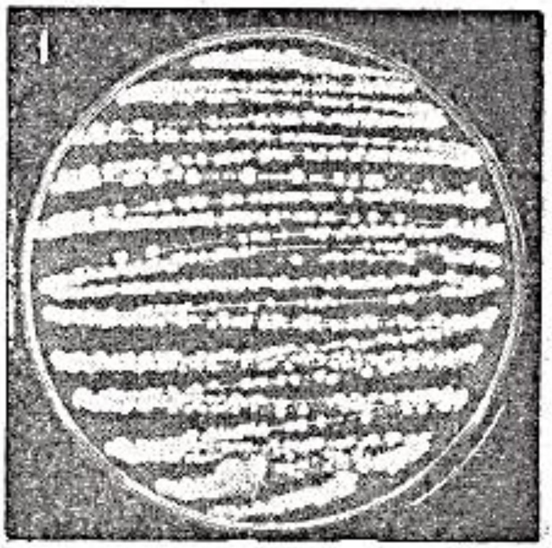
١ — سارسينا
٢ ، ٣ — ستربتوكوكاى
٤ — ميكروكوكاى

٥ — باسيلاس
٦ — بكتريوم كازاى
٧ — ريزوبيم
٨ — أزوتوباكتر

٩ — سبيروكيتا
١٠ — سبيريللم
١١ — فيبرو
١٢ — بروتيس

١٣ — بروتوزوا
١٤ — أوديم لاكتس
١٥ ، ١٦ — خميرة

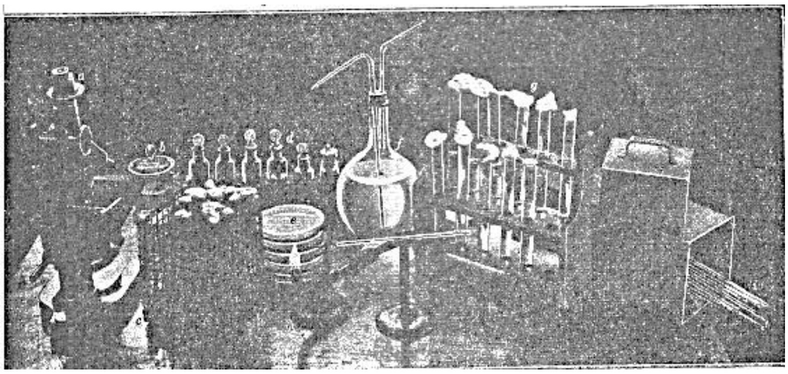
ميكروكوكاي، ستربتوكوكاى، سارسينا، آزوتوباكتر، ريزوبيم، بكتريوم كازاى، باسيللس، بروتيس، فيبرو، سبيليللم، سبيروكيتا، خميرة، أوديم لاكتس، بروتوزوا (عن لونيز وفرد).



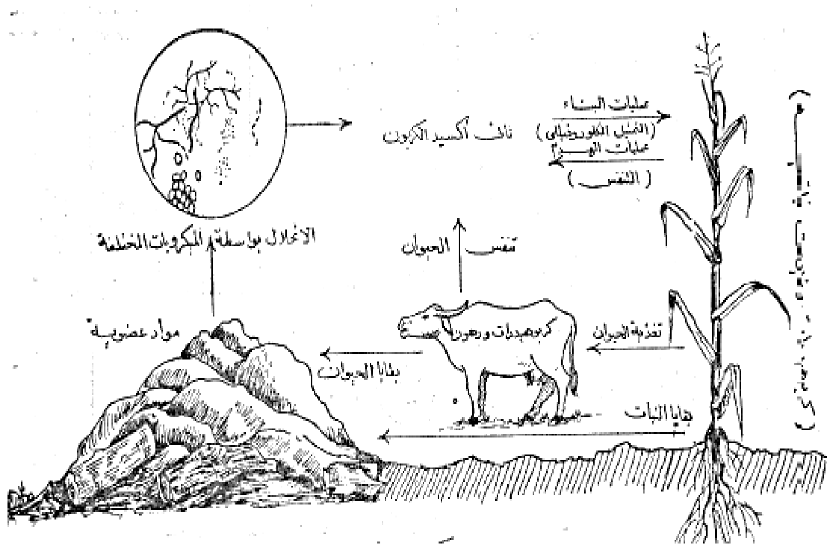


١– عزل البكتيريا بطريقة الأطباق المخطوطة

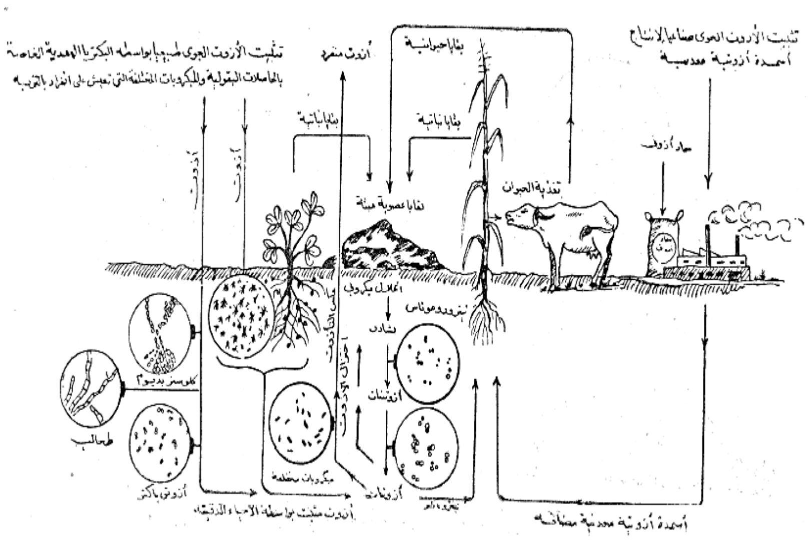
٢– عزل البكتيريا بطريقة الأطباق المصبوبة.



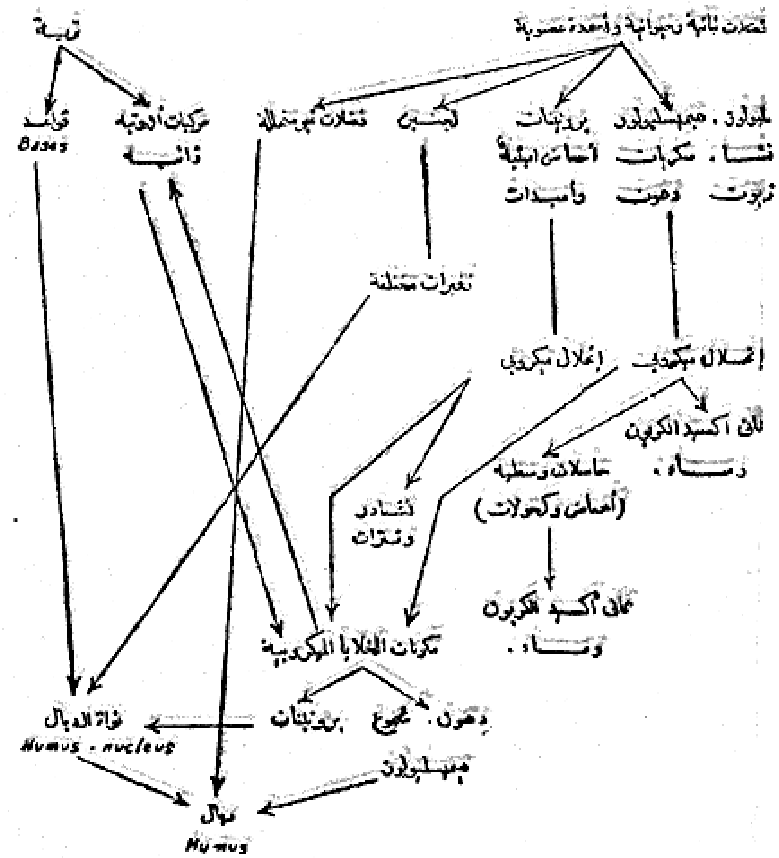
صورة تبين بعض الأدوات المستخدمة في المعامل الميكروبيولوجية.



دورة الكربون في الطبيعة.

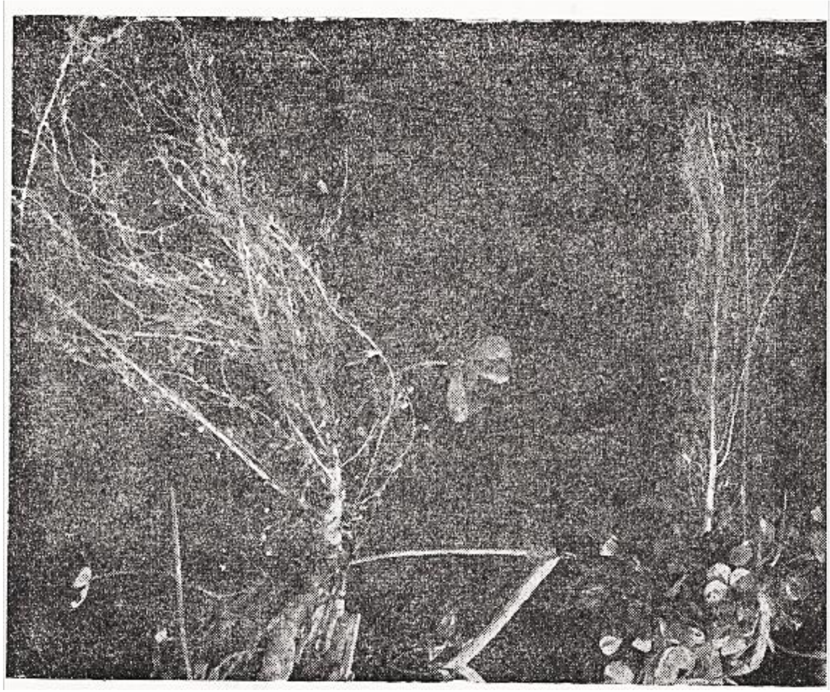


دورة الآزوت في الطبيعة.



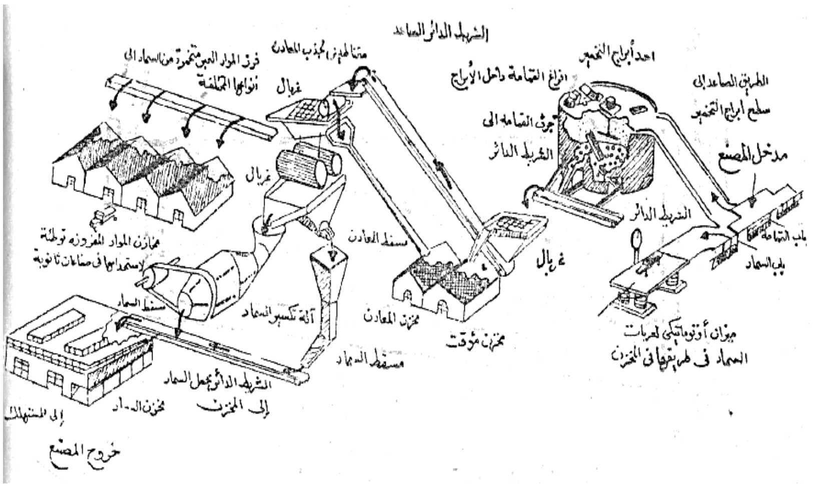
نشأة الدبال فى التربة

نشأة الدبال في التربة.

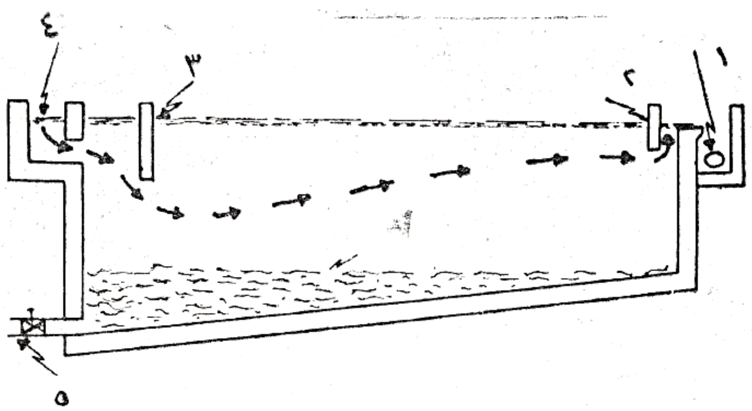


(على اليسار) جذر نبات بقولي غير ملقح بالبكتيريا العقدية

(على اليمين) جذر نبات بقولي ملقح بالبكتيريا العقدية وعليه العقد الجذرية.

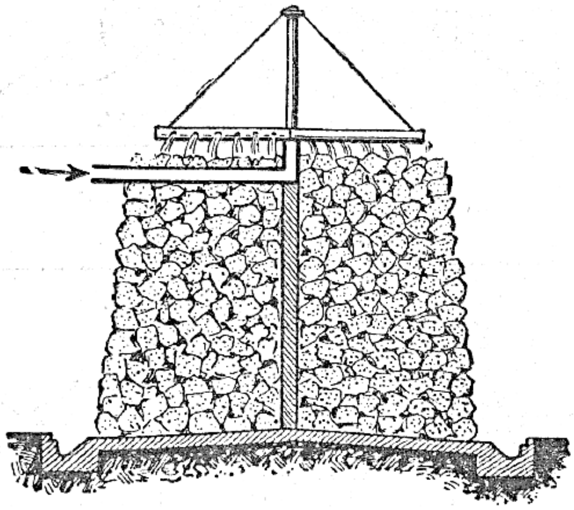


رسم تخطيطي يمثل مصنعا لتحويل قمامة المدن إلى سماد عضوي (عن نشرة لشركة الأسمدة العضوية بالقاهرة).

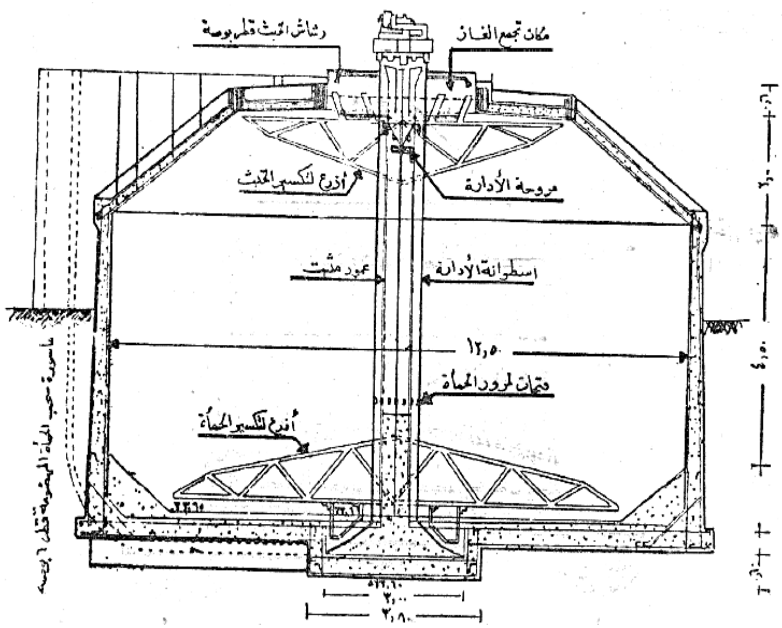


قطاع رأسي لحوض ترسيب وتحليل المجاري الخام (عن سارلز وفرازييه وولسون ونايت).

١–مخرج سائل المجاري ٢– سائل ٣–حائل ٤–مدخل مياه المجاري العام ٥– صرف الحمأة



أحد المرشحات (أو حقول البكتيريا) لتنقية سائل المجاري (عن لونيز وفرد).



حوض تخمير للحمأة وإنتاج غاز الميثان (عن وصفي ومصطفى).

الفهرس